Vers un modèle global de la simulation de la logistique urbaine : FRETURB, version 2

Rapport final

Lettre de commande03 MT 45
Ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement
Direction de la Recherche et des Affaires Scientifiques et Techniques

Réalisé par :

Florence TOILIER

Louis ALLIGIER

Danièle PATIER

Jean-Louis ROUTHIER

Laboratoire d'Economie des Transports

Unité Mixte de recherche du CNRS n°5593,

Université Lumière Lyon 2, Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat

Juillet 2005

Préambule

Dans le cadre du programme national "Marchandises en Ville" initié par la direction de la recherche du Ministère des transports (DRAST), le LET a réalisé une recherche méthodologique assortie d'enquêtes lourdes sur trois agglomérations françaises qui a permis d'établir un diagnostic des flux de marchandises générés par les activités économiques implantées en milieu urbain.

Cette première phase a mis en évidence un certains nombre de liens fonctionnels forts entre l'activité des établissements implantés en ville selon leur taille, leur localisation, le type de produits qu'ils traitent et le nombre de livraisons ou enlèvements qu'ils génèrent, le type de véhicules impliqués dans les livraisons, le mode de gestion (compte propre/compte d'autrui) et le mode d'organisation (trace directe ou tournée) des flux générés. Ces liens fonctionnels se sont avérés identiques dans les trois villes enquêtées et ont permis de dégager certains ratios, eux-mêmes constants.

Le modèle FRETURB, construit à partir des ratios issus des enquêtes permet à ce jour de faire un bon diagnostic des flux de véhicules occasionnés par les activités implantées en ville. La première version du modèle FRETURB élaboré dans le cadre du programme national Marchandises en ville[1] permet de faire un diagnostic du transport de marchandises en ville par le calcul des flux de livraisons et enlèvements occasionnés par les déplacements des marchandises dans une agglomération, d'évaluer l'occupation de la voirie par les véhicules en stationnement comme en circulation et de produire des données utiles pour la mise en œuvre d'un bilan environnemental. Le logiciel distribué depuis 2001 permet de mettre en œuvre de manière simple et à moindre coût ce diagnostic au sein d'une collectivité.

La recherche a mis en évidence que 20 à 25% de l'occupation de la voirie sont liés aux déplacements des marchandises dans une agglomération (mesure tenant compte du nombre des véhicules impliqués, des distances parcourues et de la taille des véhicules).

Le deuxième constat important est que le commerce est le poumon de la ville. Il génère à lui seul, plus du tiers des livraisons ou enlèvements de marchandises dans une agglomération.

La ville est avant tout un lieu de forte concentration humaine, lieu privilégié de consommation. Les enquêtes ont révélé que la ville génère deux fois plus de livraisons que d'enlèvements. Le comportement d'achats des citadins est un enjeu important pour le développement durable en milieu urbain L'approvisionnement des ménages pour leur consommation contribue ainsi à plus de la moitié de l'occupation de la voirie en termes de nombre de véhicules et de distances parcourues.

La génération des déplacements d'achat des ménages ont été intégrés dans la deuxième version du modèle FRETURB[2]. Les données de base sont issues des enquêtes « déplacements des ménages ».

Un bilan environnemental des déplacements de marchandises en ville fondé sur l'ensemble des fonctionnalités du modèle a constitué une troisième phase de la recherche[3]. Ces bilans ont révélé que dans une agglomération, les déplacements des marchandises occasionnent environ 25 % des émissions

---

1. LET, GERARDIN Conseil, *Diagnostic du Transport de Marchandises dans une agglomération*, Programme national Marchandises en ville, DRAST, METL, Avril 2000, 90 p.

2. LET, *Mesurer l'impact du transport de marchandises en ville - le modèle de simulation FRETURB (version 1)*, Programme national "Marchandises en ville", 104 p., oct. 2001.

3. LET, Aria Technologies, Systems Consult, *Mise en place d'une méthodologie pour un bilan environnemental physique du transport de marchandises en ville - Consommation - Emissions - Qualité de l'Air*, à paraître, ed. CERTU, ADEME, DRAST, 2005, 107 p.

de gaz à effet de serre (CO2), un tiers des émissions de SO2 et des Nox et 44 % des particules émises par la circulation motorisée.

Le modèle FRETURB a vocation à devenir de plus en plus un outil d'aide à la décision pour les responsables des villes. Il doit rendre compte de l'évolution des comportements et proposer des scenarii. Le modèle, en devenant dynamique, nécessite l'introduction de variables exogènes explicatives des changements qui permettent de caler les données endogènes.

Quelques recherches qualitatives, réalisées récemment, donnent un éclairage sur les limites des scénarios envisageables et permettent de caler les différentes options de simulation ; telles, les recherches réalisées par le LET, dans la continuité du programme national Marchandises en ville, sur le rôle du compte propre[4]ou celui des plates-formes de périphérie des villes[5].

Le modèle permet de simuler les effets de modifications réglementaires, des délocalisations des établissements ou encore des comportements des différents acteurs de la logistique urbaine sur la génération des flux de véhicules liés au transport des marchandises.[6]

Le présent rapport fait état de l'avancement de la recherche n° 03 MT 45, intitulée : "Vers un modèle global de simulation de la logistique urbaine : le logiciel FRETURB Version 2", réalisée à la demande de la DRAST à compter du 13 décembre 2003.

Afin de faire du modèle FRETURB un outil de simulation pour l'aide à la décision, deux prolongements de la recherche sont développés dans ce rapport :

- d'une part une amélioration des fonctionnalités opératoires du logiciel qui se déclinent selon deux nouveaux modules :
    1. la possibilité de monter des scénarios de politiques par une transformation des fonctions opératoires du modèle. Cela demande de permettre le relâchement de certaines contraintes ou l'introduction de fonctions nouvelles en lieu et place des relations existantes à l'aide d'un menu le plus simple possible ;
    2. la possibilité de calculer la distribution zone à zone des flux de déplacement des véhicules de livraison ainsi que la distribution des déplacements d'achat. La mise en œuvre de la distribution ouvre naturellement la voie à une intégration de FRETURB dans les procédures d'affectation chères aux planificateurs.
- d'autre part, l'utilisation des résultats des recherches portant sur les déterminants de changement des comportements des acteurs de la logistique urbaine afin de construire des paramètres de sensibilité ou des règles de substitution dans le modèle.

Le présent rapport propose d'aborder sous cet angle deux thèmes de recherches engagées par le LET :

- la mise en évidence des effets des changements de comportement des acteurs de la vente en ligne (e-commerce) sur la logistique et les flux de transport ;
- la prise en compte du rôle des plates-formes dans la formation des flux d'échanges de l'agglomération avec l'extérieur, en faisant la part des flux strictement urbains et des flux de nature interurbaine ou de longue distance.

---

4. PATIER D., *Transports de marchandises en ville : quelles spécificités, quelles méthodes ? La place du Transport de marchandises en compte propre*, Rapport pour la DRAST, 60 p., juin 2004.

5. ROUTHIER J.L., CHOLEZ C., AMBROSINI C., *Evaluation des flux de véhicules hors tournées urbaines - analyse des entrepôts périphériques*, rapport pour la DRAST, juin 2004.

6. ROUTHIER, J.L., AMBROSINI C., TOILIER F., " How do work urban policies on the urban goods transport flows? "papier 10ème WCTR, Istanbul, 19 p., juillet 2004.

7. PATIER D., *Transports de marchandises en ville : quelles spécificités, quelles méthodes ? La place du Transport de marchandises en compte propre*, Rapport pour la DRAST, 60 p., juin 2004.

8. ROUTHIER J.L., CHOLEZ C., AMBROSINI C., *Evaluation des flux de véhicules hors tournées urbaines - analyse des entrepôts périphériques*, rapport pour la DRAST, juin 2004.

Sommaire

PARTIE I - LA VERSION 2 DU LOGICIEL FRETURB VERS UNE INTERFACE DE SIMULATION PERMETTANT D'INTRODUIRE DES SCÉNARIOS 7
I. Modification du logiciel de manière à pouvoir conserver les résultats 9
II. Ajout de nouvelles sorties graphiques 15
III. Mise à niveau de FRETURB pour les fichiers SIRENE postérieurs à 2003 19
IV. Amélioration de la prise en compte des spécificités locales 23
V. L'ajout d'un module de simulation 33
VI. Conclusion de la partie I 43

PARTIE II - LE MODULE ACHATS DE FRETURB DISTRIBUTION ZONE À ZONE DES FLUX D'ACHAT DANS L'AGGLOMÉRATION 45
I. L'estimation des flux d'achat selon leur Origine et selon leur Destination 47
II. Le calcul d'une distribution des déplacements automobiles pour les achats réalisés par les ménages 55
III. L'application du module Achats à l'agglomération dijonnaise 57
IV. Conclusion de la partie II et pistes de réflexion 69

PARTIE III - LA DISTRIBUTION ZONE À ZONE DES FLUX DE VÉHICULES DE LIVRAISON 71
I. Rappel de la typologie en 25 groupes établie dans le module 3 de FRETURB 73
II. L'élaboration d'un distancier 77
III. La distribution 85
IV. Conclusion de la partie III 90

PARTIE IV - LES EFFETS DU E-COMMERCE SUR LA LOGISTIQUE URBAINE 91
I. Le Contexte 93
II. Le commerce, maillon central de l'approvisionnement urbain 95
III. Les tendances 97
IV. Le commerce électronique et la livraison à domicile 101

PARTIE V - LE RÔLE DES ENTREPÔTS DANS LA FORMATION DES FLUX DE TRANSPORT EN VILLE 115
I. Etat des lieux et premières hypothèses 117
II. Les limites de l'exercice 119

CONCLUSION 121

ANNEXES 123
Annexe 1 : La construction de la nouvelle table de croisement entre les variables 125
Annexe 2 : Fonctions de distance utilisées au module 3 pour chacun des 25 groupes : 131
Annexe 3 : Fonctions de distance moyenne et de seuils inférieur et supérieur de distance utilisées au module de distribution pour chacun des 25 groupes 135
Annexe 4 : Les échanges avec les utilisateurs du logiciel 139
Annexe 5 : mode d'emploi du CD-ROM FRETURB V2 143
Annexe 6 : Le questionnaire en ligne « Analyse systémique de la vente en ligne » 145
Annexe 7 : Le questionnaire papier « Tournées de livraison à domicile » 151
Annexe 8: Le questionnaire en ligne « Cyber-achat et Mobilité » 153

TABLE DES MATIÈRES 183

Partie I - La version 2 du logiciel FRETURB

Vers une interface de simulation permettant d'introduire des scénarios

La première version du modèle de simulation de la logistique urbaine, FRETURB V1, commercialisé depuis 2002 a apporté de nombreux enrichissements à la maquette diffusée lors de la parution du guide « Diagnostic du transport de marchandises dans une agglomération » et intitulée LOGISTMV. Citons notamment :

- L'enrichissement des sorties graphiques issues du module de génération des flux,
- La possibilité simplifiée d'exporter les résultats vers Excel,
- L'ajout de 4 nouveaux modules :
  - Génération des déplacements d'achats,
  - Durées de stationnement des véhicules de livraison,
  - Distances parcourues par les véhicules de livraison en circulation,
  - Occupation instantanée de la voirie.

Cette version de FRETURB a été distribuée auprès de collectivités locales (Lille, Reims…), de CETE, de laboratoires de recherche et de bureaux d'études (Interface Transport, ISIS). Les échanges réguliers que nous avons pu avoir avec ces utilisateurs nous ont encouragé à étendre les capacités et à améliorer l'ergonomie du logiciel. Ainsi, plusieurs sorties graphiques supplémentaires ont été offertes, de même que l'ajout d'un véritable module de simulation.

La mise à jour de FRETURB a également été rendue nécessaire du fait de la modification par l'INSEE de sa nomenclature d'activités (NAF). Ce changement dans les codes APE intervenu en 2003 empêchait le logiciel de fonctionner correctement à partir de fichiers récents. Nous avons donc intégré les nouveaux codes et mis à niveau FRETURB.

Outre ces modifications sollicitées par les utilisateurs ou rendues nécessaires par l'évolution des sources statistiques, nous avons également souhaité rendre le logiciel plus sensible aux spécificités de chaque agglomération afin de lui permettre de produire des résultats encore plus proches de la réalité.

Les transformations opérées dans l'ergonomie et les traitements réalisés par le logiciel nous ont enfin permis de débusquer certaines erreurs, jusqu'alors passées inaperçues, et ont été l'occasion de les corriger.

Ce sont ces modifications que nous présenterons ici dans cinq parties consacrées :

- aux modifications apportées à l'ergonomie du logiciel : la création d'une base résultats,
- à l'ajout de nouvelles sorties graphiques,
- à la mise à niveau du logiciel pour la prise en compte des fichiers SIRENE postérieurs à 2003,
- à l'amélioration de la prise en compte des spécificités locales,
- à la mise en œuvre d'un module de simulation.

I. Modification du logiciel de manière à pouvoir conserver les résultats

L'inconvénient majeur présenté par la précédente version du logiciel était l'absence de stockage des résultats dans une base facilement consultable. De ce fait, chaque fois que l'on désirait consulter les sorties produites par le modèle, il était nécessaire de faire tourner le logiciel. Si l'exécution de ce programme est relativement rapide et si les fichiers de résultats peuvent être facilement exportés vers des fichiers Excel, cette absence d'accès direct aux données était inconfortable.

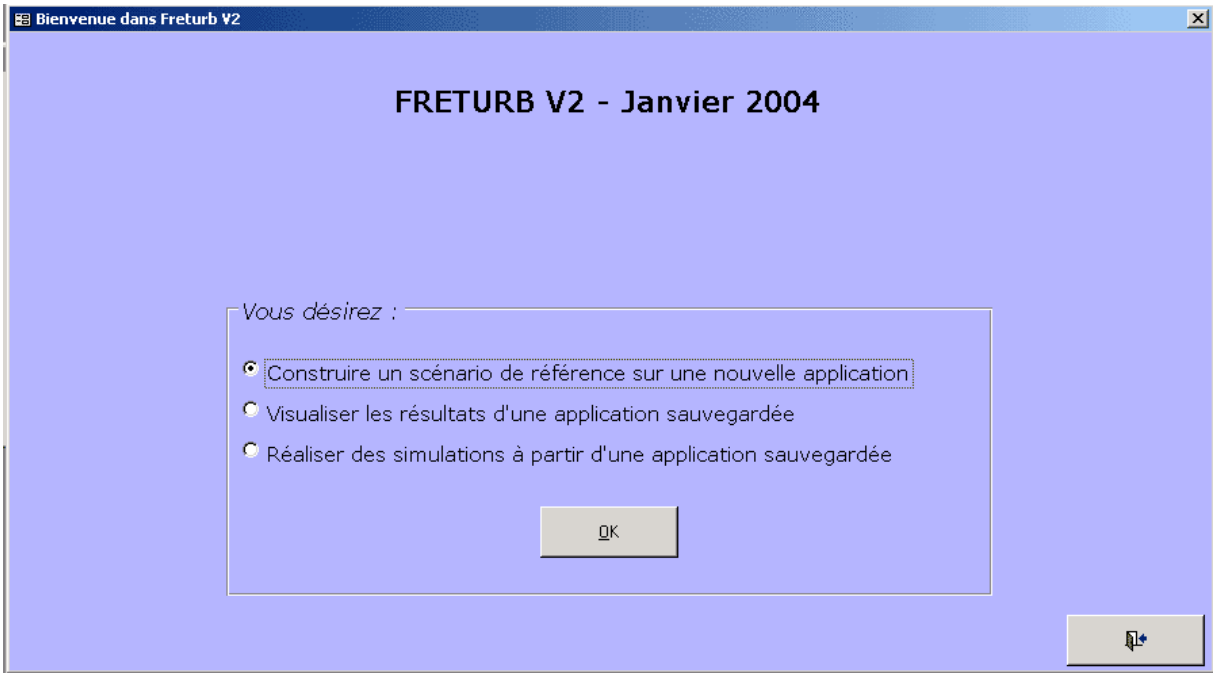
Une autre limite du logiciel était sa tendance à voir le fichier d'exécution « grossir » au fil des utilisations successives, ce qui pouvait induire des risques d'erreur du système. La possibilité était

toutefois offerte à l'utilisateur de compresser ses fichiers, par un menu spécifique, mais le risque était que celui-ci n'y pense pas et perde ses résultats.

Dans la nouvelle version du programme, nous avons donc amélioré le logiciel de manière à ce que les résultats soient stockés dans des bases de données installées sur le disque dur de l'utilisateur. Ainsi lors de l'ouverture du logiciel, ce dernier a le choix entre :

- La création d'un scénario de référence, qui nécessite l'import de données SIRENE (fichier présentant les caractéristiques de chacun des établissements d'une agglomération) et ZONE (fichier décrivant les zones de l'agglomération retenues), et qui reprend l'ancienne version de FRETURB ;
- L'ouverture des fichiers de résultats correspondant à une application précédemment sauvegardée ;
- La réalisation de simulations à partir de résultats sauvegardés (nous reviendrons sur ce point à la fin de ce document).

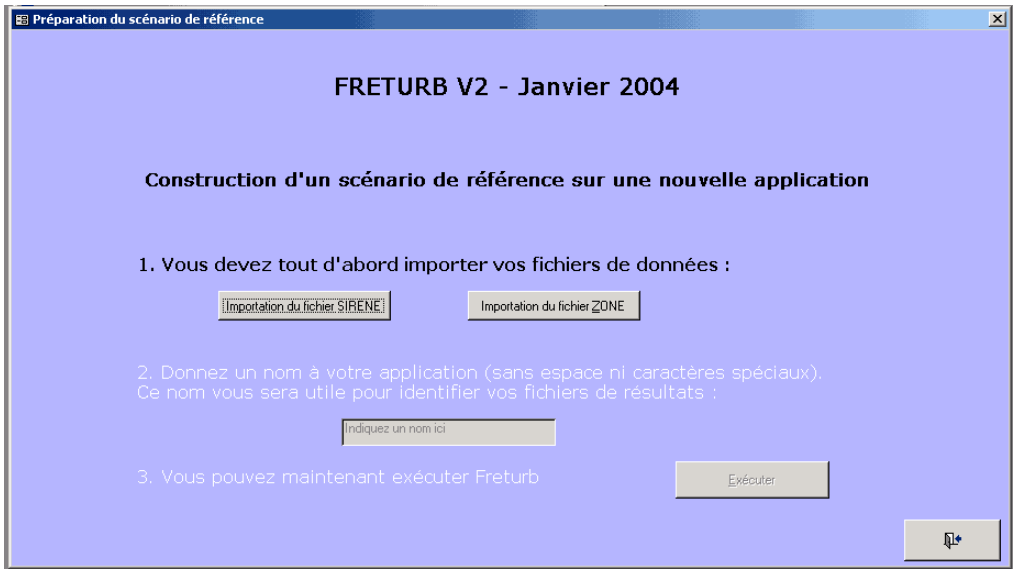
Figure I - 1 : La fenêtre d'accueil de FRETURB V2


Bienvenue dans Freturb V2
FRETURB V2 - Janvier 2004
Vous désirez :
Construire un scénario de référence sur une nouvelle application
Visualiser les résultats d'une application sauvegardée
Réaliser des simulations à partir d'une application sauvegardée
OK

1. L'élaboration du scénario de référence

L'option Construire un scénario de référence sur une nouvelle application réalise deux actions successives. Tout d'abord elle compresse le fichier de l'application afin de lui permettre de s'exécuter plus rapidement. D'autre part, elle donne accès à la fenêtre suivante :

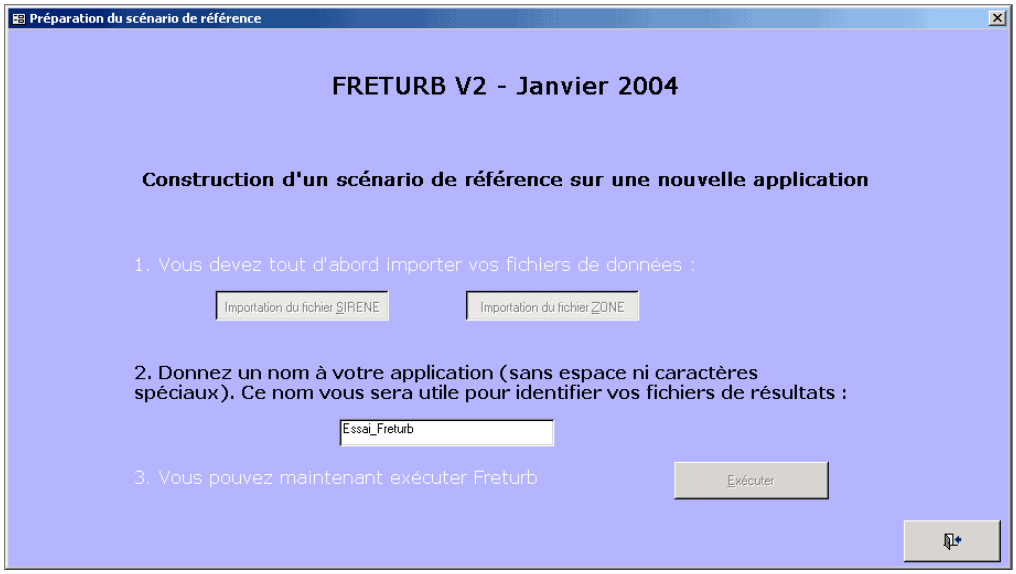
Figure I - 2 : L'import des tables de travail


Préparation du scénario de référence
FRETURB V2 - Janvier 2004
Construction d'un scénario de référence sur une nouvelle application
1. Vous devez tout d'abord importer vos fichiers de données :
Importation du fichier SIRENE
Importation du fichier ZONE
2. Donnez un nom à votre application (sans espace ni caractères spéciaux).
Ce nom vous sera utile pour identifier vos fichiers de résultats :
Indiquez un nom ici
3. Vous pouvez maintenant exécuter Freturb
Exécuter

L'utilisateur ne peut importer que des fichiers de données bruts (SIRENE ou ZONE). A la différence de la précédente version de FRETURB, il ne peut plus importer un fichier de résultat intermédiaire (table `tblST116`[9]) sauvegardé lors d'une utilisation précédente du logiciel. En effet, la création d'une base de données Résultats permet d'éviter cette procédure qui obligeait l'utilisateur à refaire tourner FRETURB à partir de la table `tblST116` sur les modules 2, 3, 4 et éventuellement Achats.

Une fois l'importation réalisée, l'utilisateur est invité à donner un nom à son application. C'est ce nom qui lui permettra par la suite de retrouver facilement le fichier de résultats puisque ce dernier s'intitulera « `Résultat_nom de l'application.mdb` ».

Figure I - 3 : Nommer son application


Préparation du scénario de référence
FRETURB V2 - Janvier 2004
Construction d'un scénario de référence sur une nouvelle application
1. Vous devez tout d'abord importer vos fichiers de données :
Importation du fichier SIRENE
Importation du fichier ZONE
2. Donnez un nom à votre application (sans espace ni caractères spéciaux). Ce nom vous sera utile pour identifier vos fichiers de résultats :
Essai_Freturb
3. Vous pouvez maintenant exécuter Freturb
Exécuter

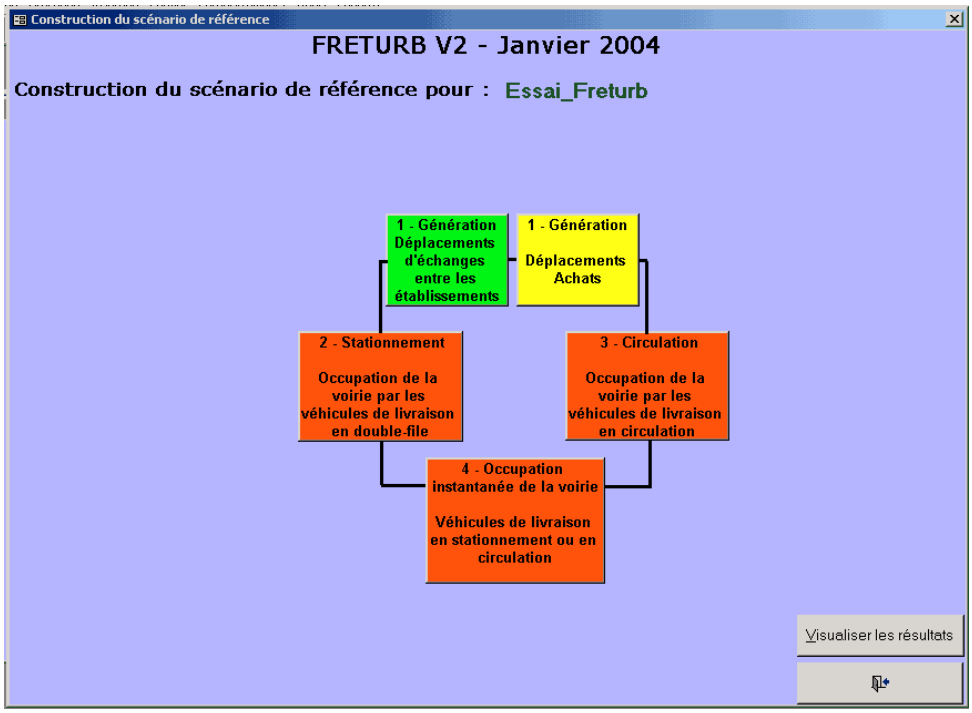
Enfin, si le nom d'application indiqué par l'utilisateur n'existe pas déjà dans les bases de résultats présentes, l'exécution de FRETURB peut avoir lieu, dans le cas contraire un message invite l'utilisateur à choisir un autre nom. Une structure de base de données résultats prenant pour nom celui saisi par

9. tblST116 est la table qui regroupe les établissements d'une agglomération selon leur appartenance à la nomenclature d'activités en 116 groupes ST116 et à une zone particulière. Cette nomenclature est construite sur la base du code APE, de la nature et de la taille de l'établissement.

l'utilisateur est alors créée. Cette structure sera enrichie de données lors de l'exécution des différents modules de FRETURB.

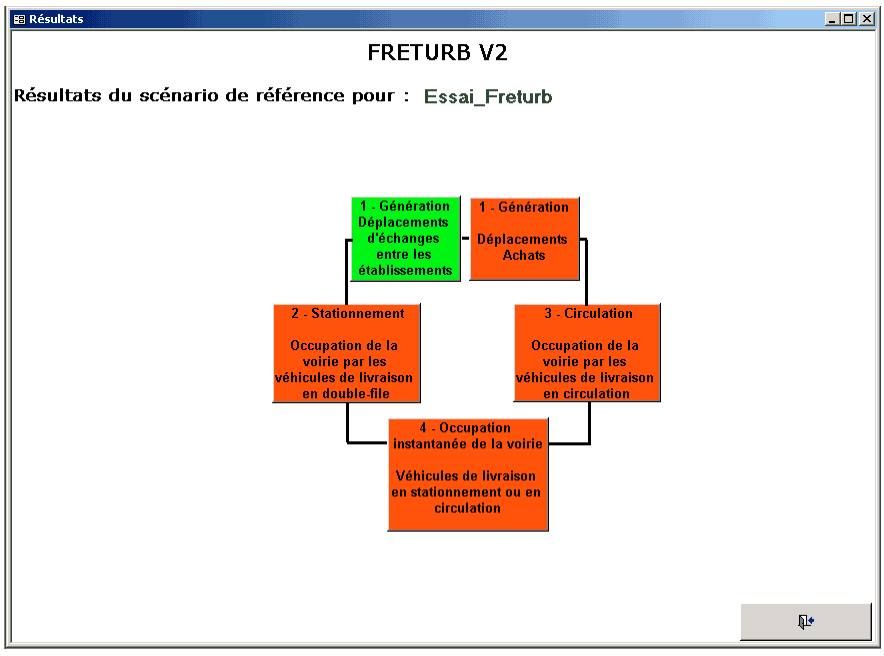
L'exécution diffère peu de ce qui était proposé dans la version précédente, si ce n'est que les résultats ne s'affichent plus dans la fenêtre d'exécution. Pour les consulter il faut cliquer sur le bouton Visualiser les résultats. La base de résultats s'ouvre, et affiche les résultats correspondant aux traitements déjà réalisés.

Figure I - 4 : La fenêtre d'exécution de FRETURB V2


Construction du scénario de référence
FRETURB V2 - Janvier 2004
Construction du scénario de référence pour : Essai_Freturb
1 - Génération Déplacements d'échanges entre les établissements
1 - Génération Déplacements Achats
2 - Stationnement Occupation de la voirie par les véhicules de livraison en double-file
3 - Circulation Occupation de la voirie par les véhicules de livraison en circulation
4 - Occupation instantanée de la voirie Véhicules de livraison en stationnement ou en circulation
Visualiser les résultats

Dans cet exemple, seul le module 1 a été exécuté, donc seuls les résultats de ce module peuvent être consultés (ils s'affichent en vert) :

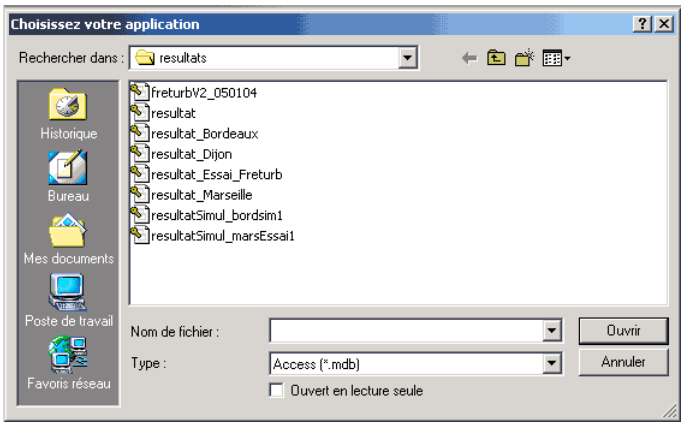
Figure I - 5 : La fenêtre « Résultats » de FRETURB V2


Résultats
FRETURB V2
Résultats du scénario de référence pour : Essai_Freturb
1 - Génération Déplacements d'échanges entre les établissements
1 - Génération Déplacements Achats
2 - Stationnement Occupation de la voirie par les véhicules de livraison en double-file
3 - Circulation Occupation de la voirie par les véhicules de livraison en circulation
4 - Occupation instantanée de la voirie Véhicules de livraison en stationnement ou en circulation

2. La consultation de résultats sauvegardés

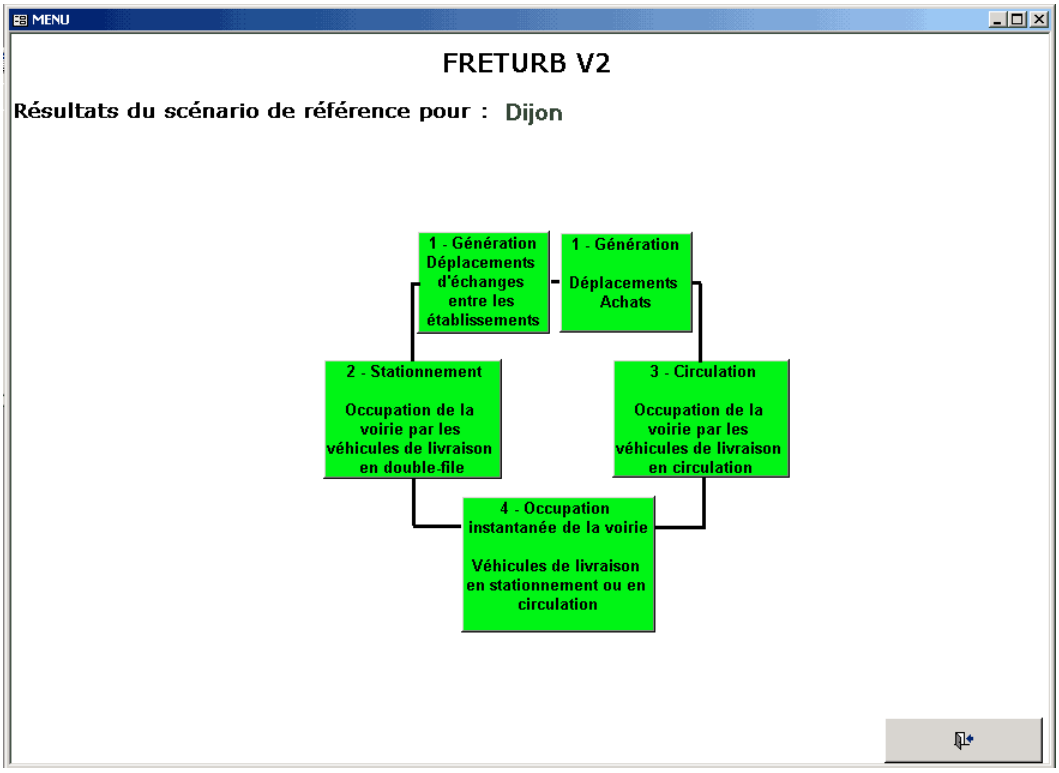
A partir de la fenêtre d'accueil de FRETURB (figure I.1), si l'on choisit l'option Visualiser les résultats d'une application sauvegardée, FRETURB ouvre alors une boite de dialogue qui permet d'aller chercher le fichier de résultats souhaité. Par défaut ils sont stockés sous `C:\FRETURBV2\Resultats`. C'est donc vers ce répertoire que le logiciel pointe spontanément :

Figure I - 6 : Le choix d'une application



Si l'on choisit l'application Dijon, et que celle-ci a été exécutée en intégralité, on peut consulter les résultats de chacun des modules en cliquant sur les boites vertes :

Figure I - 7 : La fenêtre « Résultats » une fois tous les traitements opérés


MENU
FRETURB V2
Résultats du scénario de référence pour : Dijon
1 - Génération Déplacements d'échanges entre les établissements
1 - Génération Déplacements Achats
2 - Stationnement Occupation de la voirie par les véhicules de livraison en double-file
3 - Circulation Occupation de la voirie par les véhicules de livraison en circulation
4 - Occupation instantanée de la voirie Véhicules de livraison en stationnement ou en circulation

II. Ajout de nouvelles sorties graphiques

La version précédente de FRETURB offrait à l'utilisateur toute une panoplie de sorties graphiques indiquant les opérations réalisées, les durées de stationnement, les kilomètres parcourus et l'occupation instantanée de la voirie par les véhicules de livraison en circulation ou en stationnement. Elle ne fournissait cependant pas d'indicateur synthétique permettant de résumer la situation du transport de marchandises dans une agglomération afin de la comparer aisément avec une autre.

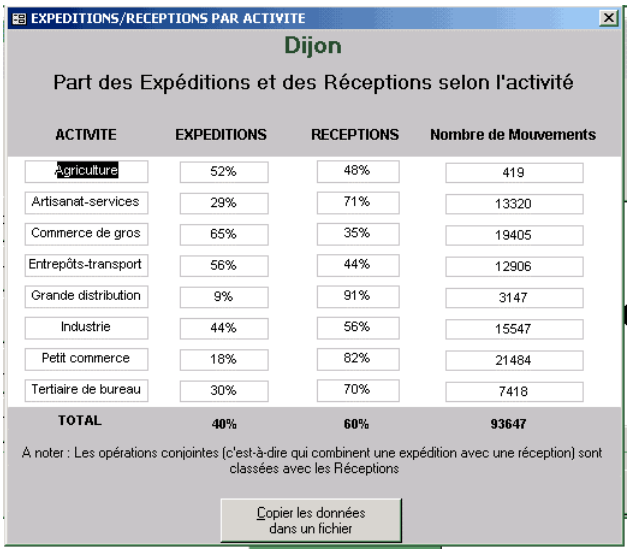
La version actuelle propose ce type d'indicateurs. Elle offre également de nouveaux graphiques, qui sont apparus nécessaires suite aux échanges que nous avons pu avoir avec les utilisateurs du logiciel.

Les différents modules sont présentés ci-après.

1. Les nouveaux résultats du Module 1

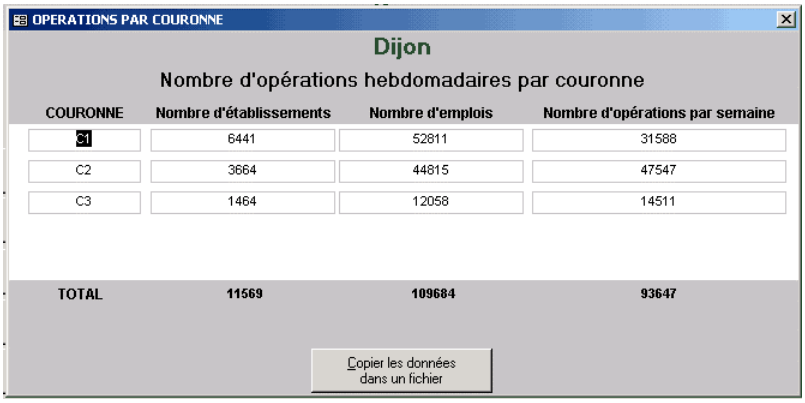
Tout d'abord, signalons que tous les tableaux du module 1 qui indiquent une répartition des opérations (selon le véhicule, le mode de gestion, … etc.) ont été enrichis d'une colonne rappelant le nombre d'opérations de livraisons ou enlèvements, afin que les ratios indiqués puissent être commentés de façon plus précise :

Figure I - 8 : L'ajout d'une colonne rappelant le nombre d'opérations


EXPEDITIONS/RECEPTIONS PAR ACTIVITE
Dijon
Part des Expéditions et des Réceptions selon l'activité
ACTIVITE
EXPEDITIONS
RECEPTIONS
Nombre de Mouvements
Agriculture 52% 48% 419
Artisanat-services 29% 71% 13320
Commerce de gros 65% 35% 19405
Entrepôts-transport 56% 44% 12906
Grande distribution 9% 91% 3147
Industrie 44% 56% 15547
Petit commerce 18% 82% 21484
Tertiaire de bureau 30% 70% 7418
TOTAL 40% 60% 93647
A noter : Les opérations conjointes (c'est-à-dire qui combinent une expédition avec une réception) sont classées avec les Réceptions
Copier les données dans un fichier

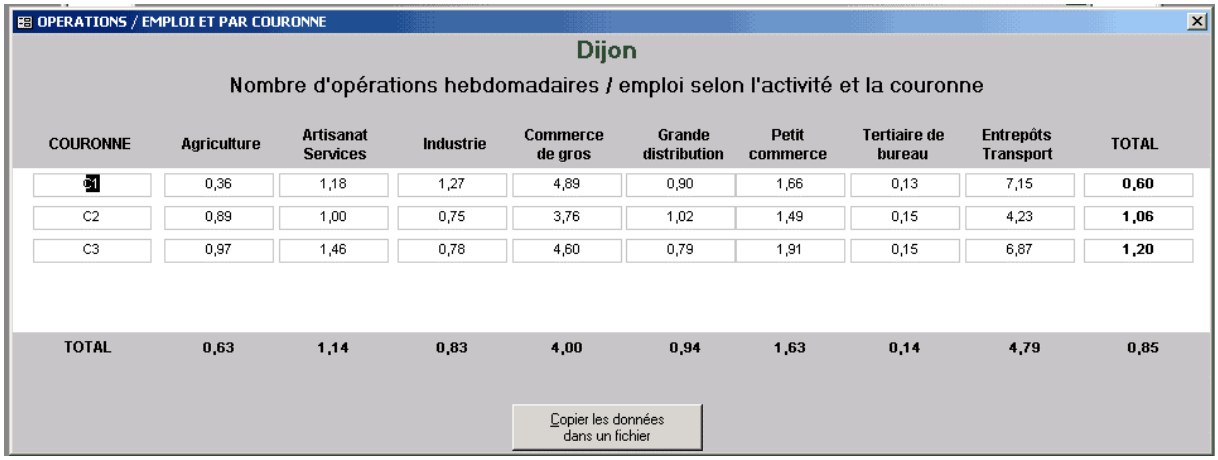
De même, tous les tableaux du module 1 qui présentent conjointement le nombre d'opérations et le nombre d'établissements ont été complétés par une colonne précisant le nombre d'emplois estimé par le logiciel :

Figure I - 9 : L'ajout d'une colonne indiquant le nombre d'emplois



Enfin un bouton Indicateurs a été crée. Il donne accès à un tableau précisant le nombre d'opérations hebdomadaires par emploi selon la couronne et l'activité :

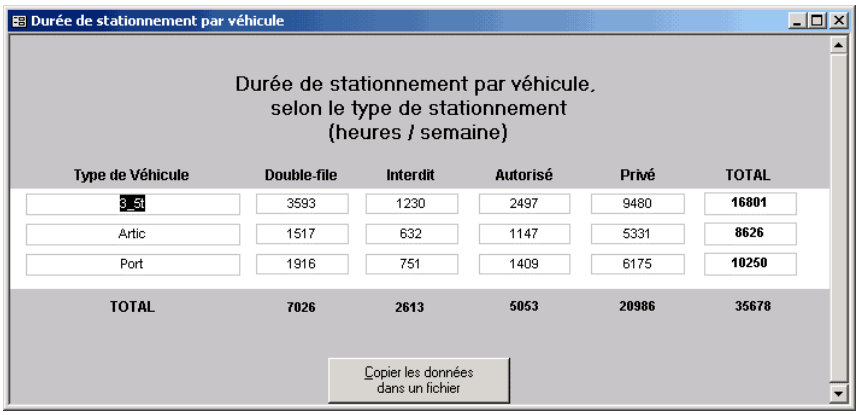
Figure I - 10 : Le nombre d'opérations moyen par emploi et par semaine selon l'activité



2. Les nouveaux résultats du Module 2

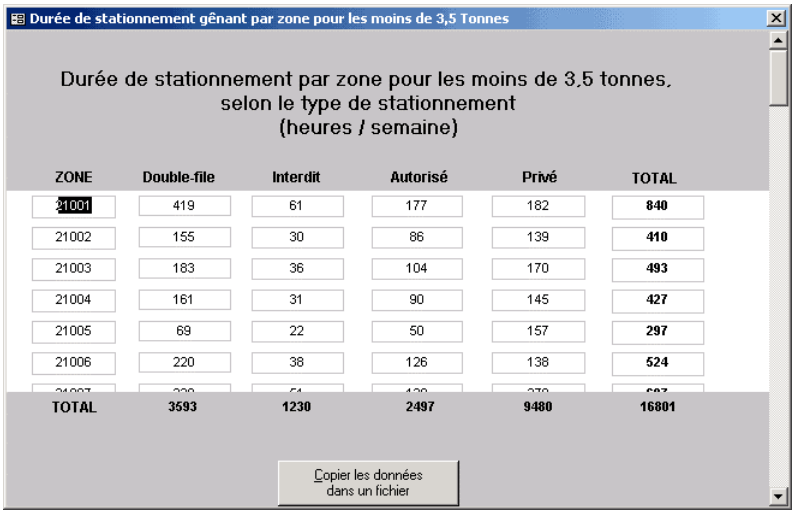
Ce module propose de nouvelles sorties graphiques concernant les différents types de véhicules. En particulier, le tableau présentant la durée de stationnement par type de véhicule selon le type de stationnement a été créé :

Figure I - 11 : Durée de stationnement par catégorie de véhicule et type de stationnement



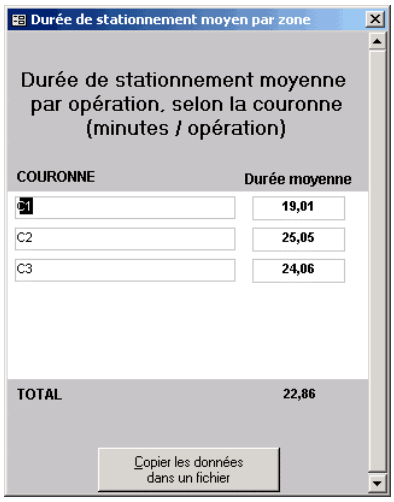
Des tableaux indiquant la répartition des heures de stationnement, calculées pour chaque catégorie de véhicule, ont également été produits sur les 3 zonages : couronne, commune, zone :

Figure I - 12 : Durée de stationnement par type pour une catégorie de véhicules


Durée de stationnement gênant par zone pour les moins de 3,5 Tonnes
Durée de stationnement par zone pour les moins de 3,5 tonnes, selon le type de stationnement (heures / semaine)
ZONE | Double-file | Interdit | Autorisé | Privé | TOTAL
21001 | 419 | 61 | 177 | 182 | 840
21002 | 155 | 30 | 86 | 139 | 410
21003 | 183 | 36 | 104 | 170 | 493
21004 | 161 | 31 | 90 | 145 | 427
21005 | 69 | 22 | 50 | 157 | 297
21006 | 220 | 38 | 126 | 138 | 524
TOTAL | 3593 | 1230 | 2497 | 9480 | 16801
Copier les données dans un fichier

Enfin, ce module propose lui aussi des indicateurs. Il s'agit des durées moyennes de stationnement selon la zone, la commune, la couronne ou le type de véhicule :

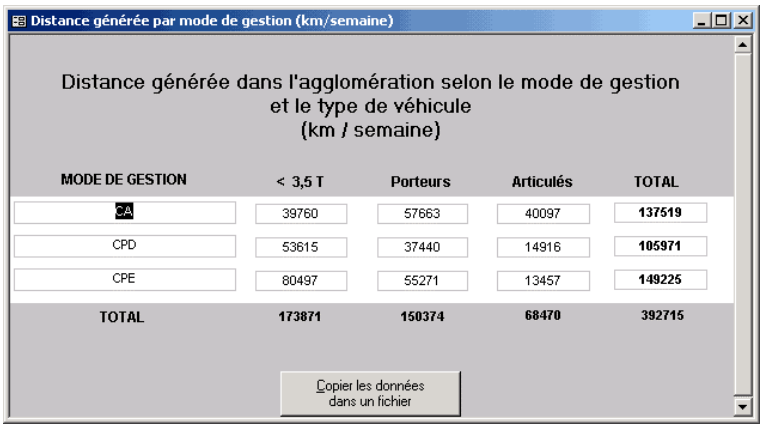
Figure I - 13 : L'indicateur de durée moyenne de stationnement par couronne


Durée de stationnement moyen par zone
Durée de stationnement moyenne par opération, selon la couronne (minutes / opération)
COURONNE | Durée moyenne
C1 | 19,01
C2 | 25,05
C3 | 24,06
TOTAL | 22,86
Copier les données dans un fichier

3. Les nouveaux résultats du Module 3

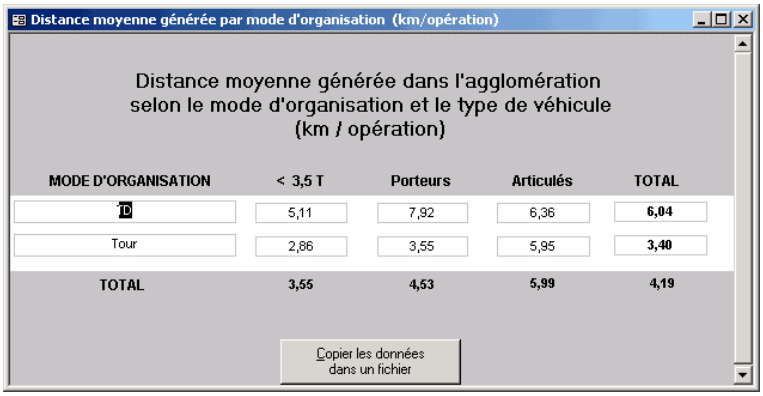
Deux tableaux présentant les distances générées selon le mode de gestion et selon le mode d'organisation ont été ajoutés :

Figure I - 14 : Distance générée dans l'agglomération selon le mode de gestion



Dans ce module encore, des indicateurs ont été produits. Ils fournissent la distance moyenne générée dans l'agglomération selon le type de véhicule selon les trois zonages proposés (couronne, commune, zone), le mode de gestion (CA, CPE ou CPD) ou alors le mode d'organisation :

Figure I - 15 : L'indicateur de distance moyenne générée dans l'agglomération selon le type de véhicule et le mode d'organisation



III. Mise à niveau de FRETURB pour les fichiers SIRENE postérieurs à 2003

Au 1er janvier 2003, les codes d'Activité Principale Exercée (APE) utilisés par l'INSEE dans la Nomenclature d'Activités Française (NAF) ont été modifiés. Or ces codes sont utilisés par FRETURB pour identifier et classer les activités des établissements au sein d'une typologie en 45 groupes[10] (subdivisés ensuite en fonction de la taille de l'établissement pour aboutir à la typologie en 116 groupes : ST116). L'usage de cette typologie est au cœur du modèle FRETURB, qui l'utilise en particulier dans le module 1 pour procéder à la génération des flux. Avec l'introduction de codes nouveaux et la suppression d'anciennes catégories, le modèle ne pouvait plus fonctionner. Nous avons donc sollicité l'INSEE afin d'obtenir une table des correspondances entres les nomenclatures 1993 et 2003. Après l'avoir enrichie de notre typologie en 45 groupes d'activités, cette table se présente ainsi pour les seuls codes APE ayant subi une modification entre ces deux dates :

Tableau I - 1 : Correspondance entre anciens et nouveaux codes NAF (sources INSEE)

Codes et libellés NAF anciens		ST45	Codes et libellés NAF nouveaux		ST45
27.1Z	Sidérurgie CECA	2-3	27.1Y	Sidérurgie	2-2
27.3J	Production de ferro-alliages et autres produits non CECA	2-2			
28.2A	Fabrication de réservoirs et citernes métalliques	2-3	28.2C	Fabrication de réservoirs, citernes et conteneurs métalliques	2-3
28.2B	Fabrication de bouteilles pour gaz comprimé	2-3			
28.7M	Fabrication de coffres-forts	4-7	28.7Q	Fabrication d'articles métalliques divers	4-7
28.7P	Fabrication d'articles métalliques	4-7			
29.1C	Fabrication de pompes et compresseurs	4-7	29.1B	Fabrication de pompes	4-7
			29.1E	Fabrication de compresseurs	4-7
29.2K	Fabrication de machines diverses d'usage général	4-7	29.2L	Fabrication de matériel pour les industries chimiques	4-7
			29.2M	Fabrication d'autres machines d'usage général	4-7
29.5C	Fabrication de machines pour l'extraction ou la construction	4-7	29.5B	Fabrication de matériels de mines pour l'extraction	4-7
			29.5D	Fabrication de matériels de travaux publics	4-7
29.5P	Fabrication d'autres machines spécialisées	4-7	29.5Q	Fabrication de machines d'assemblage automatique	4-7
			29.5R	Fabrication de machines spécialisées diverses	4-7
32.1B	Fabrication de composants électroniques actifs	4-7	32.1C	Fabrication de composants électroniques actifs	4-7
			32.1D	Assemblage de cartes électroniques pour compte de tiers	4-7
40.1Z	Production et distribution d'électricité	27-2	40.1A	Production d'électricité	27-2
			40.1C	Transport d'électricité	27-2
			40.1E	Distribution et commerce d'électricité	27-2
40.2Z	Production et distribution de combustibles gazeux	27-2	40.2A	Production de combustible gazeux	27-2
			40.2C	Distribution de combustibles gazeux	27-2
20.3Z	Fabrication de charpentes et de menuiseries	4-7		(changement de méthode d'affectation : modification de la frontière industrie / construction)	4-7
25.2E	Fabrication d'éléments en matière plastique pour la construction	4-7			4-7
28.1C	Fabrication de menuiseries et fermetures métal.	2-3			2-3
45.2L	Travaux de charpente	2-3			2-3
45.4C	Menuiserie bois et matières plastiques	2-3			2-3
45.4D	Menuiserie métallique ; serrurerie	2-3			2-3

10. Cf. annexe 1.

Codes et libellés NAF anciens		ST45	Codes et libellés NAF nouveaux		ST45
51.6A	Commerce de gros de machines-outils	7-3	51.8A	Commerce de gros de machines-outils	7-3
51.6C	Commerce de gros de machines pour l'extraction, la construction et le génie civil	7-2	51.8C	Commerce de gros de machines pour l'extraction, la construction et le génie civil	7-2
51.6E	Commerce de gros de machines pour l'industrie textile et l'habillement	7-3	51.8E	Commerce de gros de machines pour l'industrie textile et l'habillement	7-3
51.6G	Commerce de gros de machines de bureau et de matériel informatique	7-3	51.8G	Commerce de gros d'ordinateurs, d'équipements informatiques périphériques et de progiciels	7-3
			51.8H	Commerce de gros d'autres machines et équipements de bureau	7-3
51.6J	Commerce de gros de matériel électrique et électronique	7-3	51.8J	Commerce de gros de composants et d'autres équipements électroniques	7-3
			51.8L	Commerce de gros de matériel électrique	7-3
51.6L	Commerce de gros de fournitures et équipements divers pour le commerce et les services	7-3	51.8N	Commerce de gros de fournitures et équipements divers pour le commerce et les services	7-3
51.6N	Commerce de gros de matériel agricole	7-3	51.8P	Commerce de gros de matériel agricole	7-3
51.7Z	Commerce de gros non spécialisé	7-3	51.9A	Autres commerces de gros spécialisés,	7-3
			51.9B	Commerce de gros non spécialisé.	7-3
55.1A	Hôtels avec restaurant	18	55.1A	Hôtels touristiques avec restaurant	18
55.1C	Hôtels sans restaurant	18	55.1B	Hôtels touristiques sans restaurant	18
55.1D	Hôtels de préfecture	18	55.1E	Autres hôtels	18
64.2A	Télécommunications nationales	25	64.2C	Télécommunications (hors transmission audiovisuelle)	25
64.2B	Autres activités de télécommunications	25	64.2D	Transmission d'émissions de radio et de télévision	25
71.1Z	Location de véhicules automobiles	26Fa	71.1A	Location de courte durée de véhicules automobiles	26Fa
			71.1B	Location de longue durée de véhicules automobiles	26Fa
72.2Z	Réalisation de logiciels	26Mi	72.2A	Edition de logiciels (non personnalisés)	26Mi
			72.2C	Autres activités de réalisation de logiciels	26Mi
74.8F	Secrétariat et traduction	26Mi	74.8F	(Secrétariat et la traduction) est inchangé	26Mi
74.8G	Routage	26Mi	74.8G	(Routage) est inchangé	26Mi
			74.8H	(Centres d'appel) est ajouté	26Mi
90.0A	Epuration des eaux usées	25	90.0A	Epuration des eaux usées	25
90.0B	Enlèvement et traitement des ordures ménagères	25	90.0B	Enlèvement et traitement des ordures ménagères	25
90.0C	Elimination et traitement des autres déchets	26 Ha	90.0E	Traitements des autres déchets solides	26 Ha
			90.0G	Autres travaux d'assainissement et de voirie	26 Ha
92.1D	Prestations techniques pour le cinéma et la télévision	25	92.1D	Prestations techniques pour le cinéma et la télévision	25
92.3D	Gestion de salles de spectacle	26Mi	92.3D	Gestion de salles de spectacle (changement de frontière)	26Mi
92.2C	Diffusion de programmes de télévision	25	92.2D	Chaînes généralistes	25
			92.2E	Chaînes thématiques	25
			92.2F	Distribution de bouquets de programmes de radio et de TV	25
92.3A	Activités artistiques	26Mi	92.3A	Activités artistiques	26Mi
92.3B	Services annexes au spectacle	26Mi	92.3B	Services annexes au spectacle (changement de frontière)	26Mi
92.3H	Bals et discothèques	26Ha	55.4C	Discothèques	26Ha
			92.3K	Activités diverses du spectacle	26Ha
			96.0Z	Activités indifférenciées des ménages en tant que producteurs de biens pour usage propre	26Fa
			97.0Z	Activités indifférenciées des ménages en tant que producteurs de services pour usage propre	26Fa

Les lignes indiquées en grisé sont celles pour lesquelles il y a eu une petite ambiguïté au niveau de l'affectation des nouveaux codes ST45. Les choix faits se justifient ainsi :

- pour la sidérurgie, on a retenu le code ST45 des activités de Production de ferro-alliages et autres produits non CECA, car cette classe était plus englobante que celle de la Sidérurgie CECA. Comme ces deux codes ont été rassemblés, il était préférable de prendre la valeur la moins spécialisée.
- Pour les activités de Fabrication de charpentes et de menuiseries, Fabrication d'éléments en matière plastique pour la construction, Fabrication de menuiseries et fermetures métalliques, Travaux de charpente, Menuiserie bois et matières plastiques, Menuiserie métallique, serrurerie, comme l'INSEE ne nous a pas fourni beaucoup de précisions quant à sa méthode de réaffectation des activités dans les codes, nous avons conservé le découpage antérieur dans la mesure où celui-ci faisait déjà la distinction entre artisanat et industrie de la construction.
- Pour le nouveau code Autres travaux d'assainissement et de voirie, on a affecté la ST45 de l'ancien code Elimination et traitement des autres déchets car c'est l'activité qui était la plus proche.
- Pour les activités : Prestations techniques pour le cinéma et la télévision et Gestion de salles de spectacle, qui ont connu un changement de frontière, en l'absence de précisions de la part de l'INSEE nous avons conservé les mêmes codes ST45 que précédemment.
- Pour les nouveaux codes correspondant aux Activités indifférenciées des ménages en tant que producteurs de biens pour usage propre et aux Activités indifférenciées des ménages en tant que producteurs de services pour usage propre, devant le caractère obscur de ces codes et en l'absence d'exemples d'établissements ayant été codés de la sorte, nous avons choisi d'affecter une classe de ST45 qui génère peu de mouvements, en l'occurrence 26Fa.

A partir de ce tableau nous avons pu créer dans FRETURB une table `NAF700_2003-1`, qui affecte à chaque code APE une classe de ST45. Puis sur le modèle des traitements qui sont opérés lorsque les fichiers SIRENE sont postérieurs à 1997, nous avons créé des tables `NAF700_2003-2` à `7` afin d'opérer les corrections nécessaires pour identifier les entrepôts de transport, les bureaux non tertiaires, les grands magasins spécialisés, pour distinguer les artisans et l'industrie dans le secteur de la construction, et pour reclasser certains intermédiaires du commerce en Magasins.

Tout le module 1 de FRETURB a donc été repris afin d'intégrer l'éventualité de fichiers postérieurs à 2003 :

Figure I - 16 : Sélection de la date du fichier SIRENE

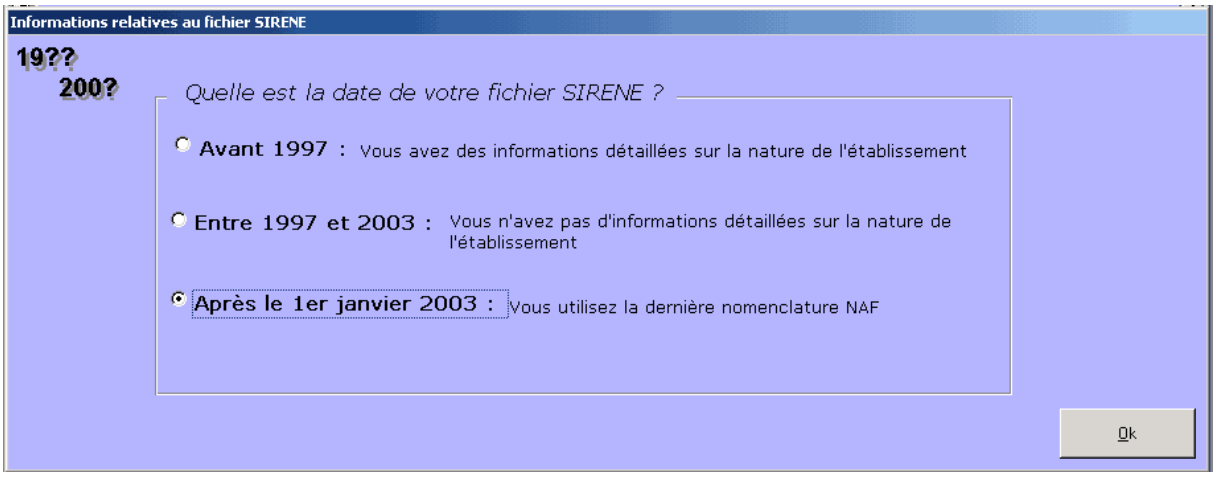
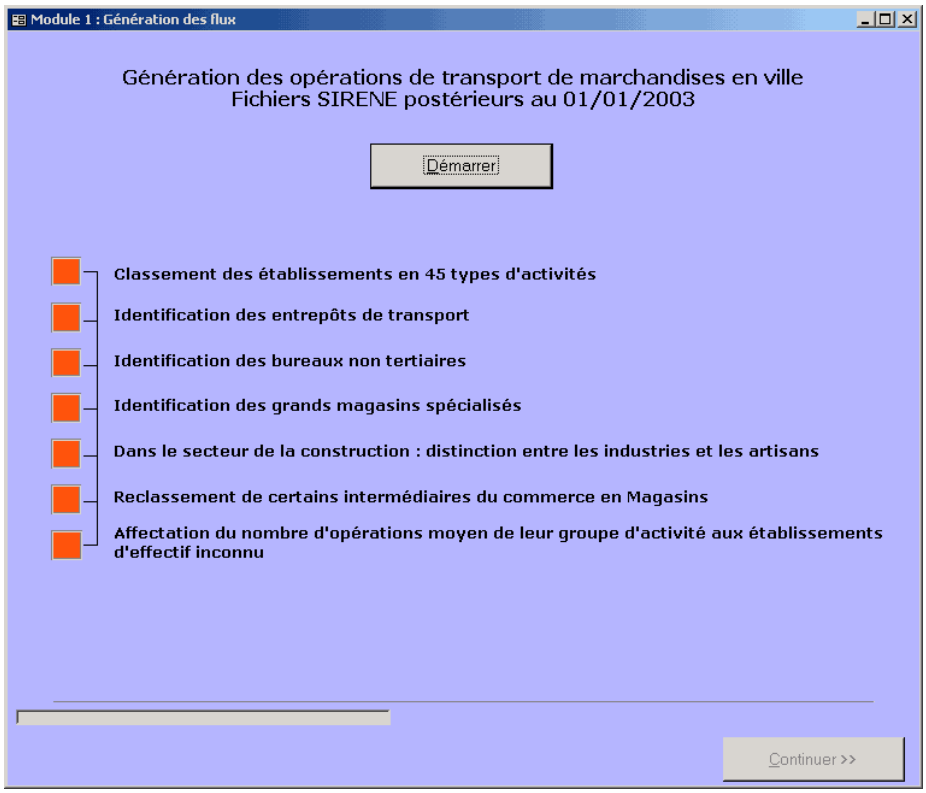

Informations relatives au fichier SIRENE
19??
200?
Quelle est la date de votre fichier SIRENE ?
Avant 1997 : Vous avez des informations détaillées sur la nature de l'établissement
Entre 1997 et 2003 : Vous n'avez pas d'informations détaillées sur la nature de l'établissement
Après le 1er janvier 2003 : Vous utilisez la dernière nomenclature NAF
Ok

Figure I - 17 : La fenêtre du module 1 pour un fichier SIRENE postérieur à 2003


Module 1 : Génération des flux
Génération des opérations de transport de marchandises en ville
Fichiers SIRENE postérieurs au 01/01/2003
Démarrer
Classement des établissements en 45 types d'activités
Identification des entrepôts de transport
Identification des bureaux non tertiaires
Identification des grands magasins spécialisés
Dans le secteur de la construction : distinction entre les industries et les artisans
Reclassement de certains intermédiaires du commerce en Magasins
Affectation du nombre d'opérations moyen de leur groupe d'activité aux établissements d'effectif inconnu
Continuer >>

IV. Amélioration de la prise en compte des spécificités locales

En introduisant des résultats supplémentaires, nous nous sommes aperçus que FRETURB, dans sa version ancienne, ne prenait pas suffisamment en compte les spécificités des différentes villes. En effet, nous avons travaillé en faisant tourner FRETURB sur Bordeaux, Marseille et Dijon et les indicateurs produits par le logiciel n'étaient pas très différents d'une ville à l'autre alors même que les enquêtes avaient montré des écarts notables, en particulier concernant les durées de stationnement. Cette insensibilité du logiciel aux spécificités locales était passée inaperçue dans la version précédente car on ne fournissait pas d'indicateurs tels que les durées moyennes de stationnement.

1. La méthode RAS

Ce problème a été corrigé en déclenchant la construction de tables à partir des données entrées par l'utilisateur par le biais de l'utilisation de la méthode RAS, c'est à dire un équilibrage de matrice par redressements successifs sur les marges. Cette méthode itérative ajuste proportionnellement les valeurs à l'intérieur de la matrice jusqu'à ce que les totaux en lignes et en colonnes correspondent à des totaux de contrôles prédéfinis. Avec des totaux de contrôle cohérents, la convergence est garantie.

2. La table X_FagvTDTour

La méthode RAS a été appliquée à la construction de la table `X_FagvTDTour`. Cette table est centrale dans le logiciel puisque c'est celle qui permet, à partir d'un nombre d'opérations donné, d'exécuter des croisements de variables nécessaires à la réalisation des modules 2 et suivants. En effet, si le module 1 indique pour chaque type d'activité (en 116 catégories) le nombre de mouvements, la part des différents types de véhicules, des modes de gestion, d'organisation et la répartition entre les opérations de livraison et d'enlèvement de marchandises, il ne permet pas de connaître par exemple le nombre d'opérations réalisées en trace directe par de petits véhicules.

Pour réaliser ces croisements entre variables, qui sont utiles pour déterminer les durées de stationnement et les kilomètres parcourus, on passait dans la version précédente par une table : `X_FagvTDTour`, construite à partir des traitements opérés sur les fichiers d'enquêtes des trois villes (Bordeaux, Marseille et Dijon).

Cette table se présentait ainsi :

Tableau I - 2 : Répartition des modes de gestion et des véhicules par type d'activité et organisation

Numéro	Td-Tour	ST8	CA3_5T	CAArtic	CACPort	CPD3_5T	CPDArtic	CPDCPort	CPE3_5T	CPEArtic	CPECPort
1	TD	1	0,0000	0,0000	0,0000	0,1475	0,0000	0,0000	0,8025	0,0500	0,0000
2	TD	2	0,1182	0,0000	0,0641	0,1914	0,0000	0,0774	0,4466	0,0000	0,1023
3	TD	3	0,0297	0,0990	0,0641	0,0510	0,0158	0,1721	0,4722	0,0681	0,0280
4	TD	4	0,0159	0,0202	0,0865	0,5358	0,0159	0,0729	0,2115	0,0000	0,0413
5	TD	5	0,0000	0,0959	0,0807	0,1188	0,1923	0,0000	0,2845	0,0000	0,2279
6	TD	6	0,1010	0,0205	0,0067	0,3914	0,0000	0,0446	0,4052	0,0000	0,0305
7	TD	7	0,1515	0,0151	0,0897	0,0950	0,0131	0,0752	0,5229	0,0000	0,0375
8	TD	8	0,1020	0,1738	0,1760	0,0891	0,0151	0,0415	0,1904	0,0263	0,1859
9	Tour	1	0,0345	0,0000	0,1644	0,0058	0,0000	0,0000	0,0333	0,0000	0,7620
10	Tour	2	0,2256	0,0005	0,1772	0,0361	0,0000	0,0026	0,4520	0,0144	0,0915
11	Tour	3	0,2767	0,0060	0,3295	0,0209	0,0000	0,0377	0,1515	0,0130	0,1646
12	Tour	4	0,2930	0,0510	0,3146	0,0354	0,0000	0,0038	0,1765	0,0104	0,1152
13	Tour	5	0,2334	0,0336	0,4466	0,0031	0,0000	0,0000	0,0954	0,0033	0,1845
14	Tour	6	0,2324	0,0021	0,2038	0,0075	0,0000	0,0001	0,3057	0,0002	0,2481
15	Tour	7	0,4021	0,0010	0,2543	0,0029	0,0000	0,0004	0,2207	0,0010	0,1177
16	Tour	8	0,2596	0,0548	0,3157	0,0000	0,0000	0,0019	0,1232	0,0131	0,2316

Note : Les totaux en ligne sont égaux à 1.

Cette table indique, pour chaque activité (colonne ST8) répartie en 8 groupes[11] et selon que les opérations ont été réalisées en Trace Directe (TD : lignes 1 à 8) ou bien en tournée (Tour : lignes 9 à 16) quelle est la part du :

- CA3_5T : Compte d'autrui réalisé en véhicules de moins de 3,5 tonnes,
- CAArtic : Compte d'autrui réalisé en véhicules articulés,
- CACPort : Compte d'autrui réalisé en camions porteurs,
- CPD3_5T : Compte propre destinataire réalisé en véhicules de moins de 3,5 tonnes,
- CPDArtic : Compte propre destinataire réalisé en véhicules articulés,
- CPDCPort : Compte propre destinataire réalisé en camions porteurs,
- CPE3_5T : Compte propre expéditeur réalisé en véhicules de moins de 3,5 tonnes,
- CPEArtic : Compte propre expéditeur réalisé en véhicules articulés,
- CPECPort : Compte propre expéditeur réalisé en camions porteurs.

11. 1- Agriculture, 2- Artisanat – services, 3- Industrie, 4- Commerce de gros, 5- Grands magasins, 6- Petit commerce, 7- Tertiaire, 8- Entrepôts.

Si l'on réalise une somme sur les modes de gestion on obtient le résultat suivant :

Tableau I - 3 : Répartition des modes de gestion par activité selon le mode d'organisation

Numéro	Td-Tour	ST8	CA	CPD	CPE
1	TD	1	0,0000	0,1475	0,85252
2	TD	2	0,1823	0,2688	0,54889
3	TD	3	0,1929	0,2389	0,56823
4	TD	4	0,1226	0,6246	0,2528
5	TD	5	0,1766	0,3110	0,51238
6	TD	6	0,1283	0,4360	0,43573
7	TD	7	0,2563	0,1833	0,56045
8	TD	8	0,4518	0,1457	0,40253
9	Tour	1	0,1989	0,0058	0,7953
10	Tour	2	0,4033	0,0387	0,55797
11	Tour	3	0,6123	0,0586	0,32912
12	Tour	4	0,6586	0,0392	0,3022
13	Tour	5	0,7137	0,0031	0,2832
14	Tour	6	**0,4383**	0,0077	0,55402
15	Tour	7	0,6574	0,0033	0,3393
16	Tour	8	0,6302	0,0019	0,36791

En indiquant par exemple que 43,8% (case grisée) des tournées générées par les petits commerces sont réalisées en véhicules de moins de 3,5 tonnes, cette table gomme les spécificités locales qui indiquent peut-être que les petits véhicules ne sont pas utilisés dans une telle proportion. Les résultats fournis par cette table, qui sont une moyenne des résultats observés sur les 3 villes d'enquête, risquent ainsi d'être contradictoires avec les données produites par le module 1. En effet, cette table impose un profil de ville qui ne concordera pas forcément avec les résultats issus des traitements portant sur les types d'établissements présents dans l'agglomération. Par conséquent, les résultats des modules 2 et 3 risquent de ne pas être comparables avec ce qu'indiquait le module 1 en termes de nombre d'opérations par mode de gestion ou par véhicule.

Il nous est donc apparu essentiel de construire une table adaptée au profil de la ville et qui permette de ventiler les opérations selon un croisement entre mode d'organisation et mode de gestion ou type de véhicule.

La procédure que nous avons mise en œuvre s'est déroulée en 2 temps illustrés par les figures I.18 et I.19 :

- redressement portant principalement sur les modes de gestion et secondairement sur les véhicules,
- redressement portant principalement sur les véhicules et secondairement sur les modes de gestion.

Le détail des calculs est présenté en annexe 1.

3. Résultat obtenu

Avec ce nouveau mode de calcul des modules 2 et 3, les résultats obtenus sont cohérents avec ceux qui sont produits lors du module 1, même si des écarts faibles subsistent quand on désagrège selon les zones. L'intérêt de cette procédure est de permettre en outre la réalisation de simulations sur les croisements entre véhicules, mode de gestion et mode d'organisation.

4. Modification de la table des durées

Dans la version 1 de FRETURB, le calcul des durées de stationnement n'était pas dépendant de l'activité alors même que les enquêtes ont montré que ce critère est déterminant sur le choix du mode de gestion et du véhicule. Une nouvelle table de durée de stationnement, la table `X_Diav`, a donc été substituée à l'ancienne table `X_Digv` utilisée dans la version1. Elle affecte une durée moyenne de stationnement selon l'activité, le véhicule, le mode d'organisation et la taille de la tournée.

Avec cette nouvelle table, les résultats fournis par le modèle sont beaucoup plus fidèles à ce qui avait été observé lors des enquêtes.

V. L'ajout d'un module de simulation

La grande nouveauté apportée par la version 2.1 de FRETURB réside dans la possibilité d'effectuer des simulations, c'est-à-dire l'opportunité qui est offerte à l'utilisateur d'envisager des modifications dans la localisation des activités, le poids des différents types de véhicules, l'organisation logistique des entreprises,…etc et d'en mesurer quasiment instantanément l'impact.

La programmation de ce module de simulation n'en est qu'à son début, cependant on peut d'ores et déjà affirmer que l'utilisation de ce module ne devra être réalisée que par des utilisateurs avertis de FRETURB, c'est-à-dire des utilisateurs qui connaissent bien le logiciel, les données produites et les tables utilisées pour les produire. En effet, en autorisant l'utilisateur à modifier les tables centrales du modèle, on court le risque que des erreurs soient commises et que des résultats fantaisistes soient produits. Il va de soi qu'à chaque fois que cela a été possible des garde-fous ont été mis en place, afin de contrôler que les instructions données par l'utilisateur sont bien correctes. Malgré tout, ce n'est qu'avec beaucoup de prudence et d'attention que l'utilisateur devra s'engager dans la simulation, ce qui signifie que pour une parfaite application une cellule « Assistance à l'utilisation de FRETURB » doit être créée et financée.

1. Principes retenus

Le premier d'entre eux est que la simulation ne peut s'opérer qu'à partir d'une application sur laquelle un scénario de référence a été bâti. En effet, ce n'est qu'en mesurant l'écart avec une situation de base que la simulation doit être considérée. Le modèle FRETURB ne prétend pas décrire parfaitement la logistique urbaine, mais seulement en fournir une image globalement juste. Des erreurs d'appréciation peuvent néanmoins subsister. Cependant, dans la mesure où les erreurs produites le sont de la même manière dans le scénario de référence que dans les simulations, nous faisons l'hypothèse que l'observation de l'écart entre les deux est plus juste que les valeurs absolues fournies dans le scénario de référence.

Ainsi pour prendre un exemple, il ne s'agit pas d'affirmer que la délocalisation de tel type d'établissement d'une zone à l'autre va permettre d'atteindre le seuil de X opérations dans telle ou telle zone, car la valeur affichée est connue avec une marge d'erreur. En revanche, on peut annoncer que ce type de mesure va provoquer une baisse (ou une hausse) de X% du nombre d'opérations dans la zone. La valeur du différentiel est en effet plus fiable que la valeur absolue fournie par le modèle.

Le second principe indique qu'une seule modification à la fois peut être opérée dans les fichiers. Ceci vise à limiter le risque d'erreurs susceptibles d'être introduites par les utilisateurs. En effet, supposons que l'utilisateur modifie la structure des activités d'une agglomération, et qu'il décide en outre de modifier le nombre d'opérations. Ces deux manipulations ne sont pas compatibles et ne peuvent pas être opérées conjointement car dans le modèle, c'est la structure des activités qui détermine le nombre d'opérations. Celui-ci est donc calculé à partir de la structure fournie. En conséquence, les modifications apportées au nombre de mouvements ne seront pas prises en compte.

Pour pouvoir modifier ces deux champs, il faudra commencer par faire une simulation sur la nouvelle structure d'activité. Puis, il faudra reprendre le fichier de cette simulation et en réaliser une seconde qui modifiera le nouveau nombre de mouvements obtenus. Ainsi, par itérations successives (dont l'ordre a une importance), on pourra faire passer au logiciel des scénarios d'évolution complexes.

2. Présentation du module de simulation

Lorsque l'on choisit l'option Réaliser des simulations à partir d'une application sauvegardée dans la fenêtre d'accueil de FRETURB, le logiciel nous propose de choisir l'application à partir de laquelle sera réalisée la simulation. La liste proposée, qui pointe vers le répertoire `C:\FRETURBV2\resultats\` , présente toutes les bases résultats présentes sur l'ordinateur, qu'elles aient été construites à partir d'un scénario de référence : fichier `resultat_nomdel'application.mdb`, ou bien qu'elles soient issues d'une simulation : fichier `resultatSimul_nomdel'application.mdb`.

Figure I - 20 : La fenêtre de construction du scénario à simuler

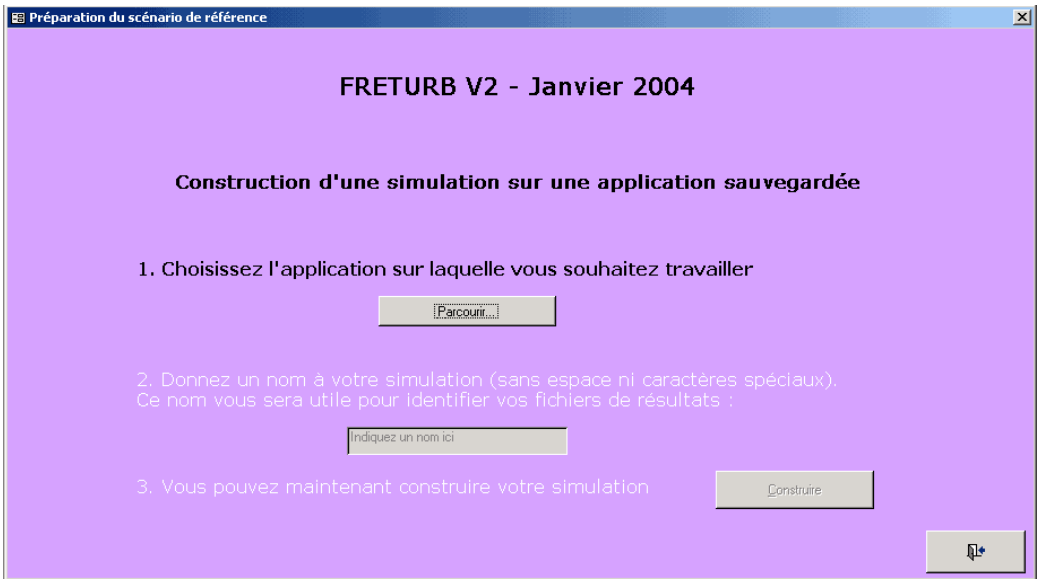
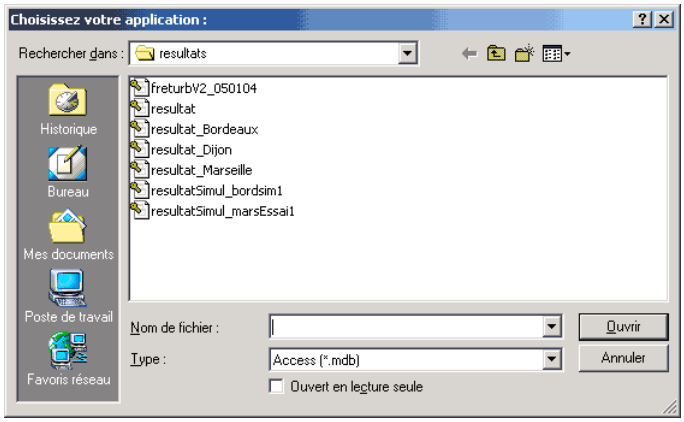

Préparation du scénario de référence
FRETURB V2 - Janvier 2004
Construction d'une simulation sur une application sauvegardée
1. Choisissez l'application sur laquelle vous souhaitez travailler
Parcourir...
2. Donnez un nom à votre simulation (sans espace ni caractères spéciaux).
Ce nom vous sera utile pour identifier vos fichiers de résultats :
Indiquez un nom ici
3. Vous pouvez maintenant construire votre simulation
Construire

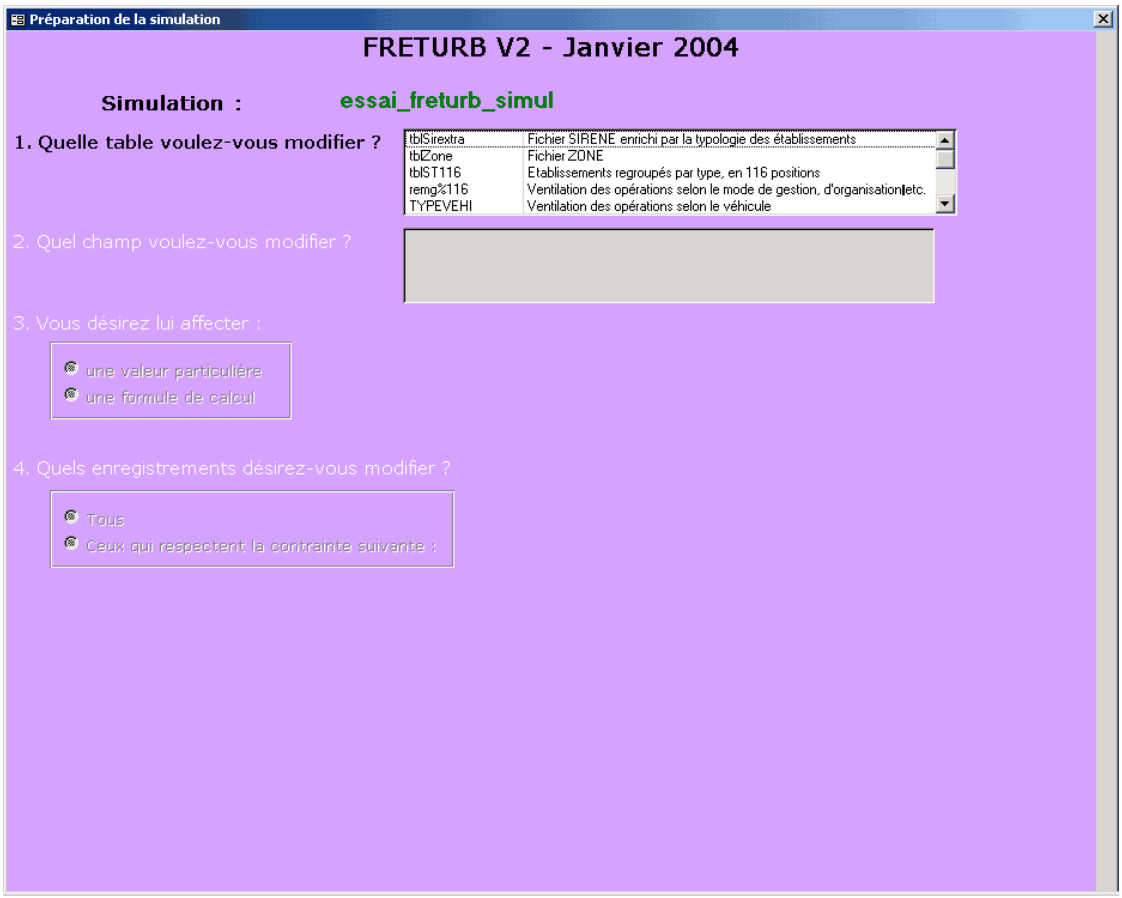
Figure I - 21 : Le choix d'une application sauvegardée



Après avoir sélectionné l'application à partir de laquelle il souhaite opérer des modifications, l'utilisateur est invité à nommer l'application qu'il est en train de construire. Ce nom lui permettra de retrouver facilement la simulation pour en examiner les résultats et le cas échéant, pour pouvoir la modifier à l'occasion d'une nouvelle simulation. Dans l'exemple ci-dessus, deux simulations ont d'ores et déjà été sauvegardées, il s'agit de la simulation intitulée `bordsim1`, et de la simulation `marsEssai1` et les bases `résultats` correspondant aux scénarios de référence sont ici au nombre de trois : `Bordeaux`, `Dijon` et `Marseille`.

Une fois l'application nommée, et après vérification que le nom proposé n'est pas déjà utilisé pour une autre application, on peut se lancer dans la construction du scénario de simulation.

Figure I - 22 : Le choix de la table sur laquelle va porter la simulation


Préparation de la simulation
FRETURB V2 - Janvier 2004
Simulation :
essai_freturb_simul
1. Quelle table voulez-vous modifier ?
tblSirextra
Fichier SIRENE enrichi par la typologie des établissements
tblZone
Fichier ZONE
tblST116
Etablissements regroupés par type, en 116 positions
remg%116
Ventilation des opérations selon le mode de gestion, d'organisationletc.
TYPEVEHI
Ventilation des opérations selon le véhicule
2. Quel champ voulez-vous modifier ?
3. Vous désirez lui affecter :
une valeur particulière
une formule de calcul
4. Quels enregistrements désirez-vous modifier ?
Tous
Ceux qui respectent la contrainte suivante :

La première question à laquelle l'utilisateur doit répondre est la suivante : Sur quelle table dois-je travailler ? La liste des tables susceptibles d'être modifiées s'affiche dans une liste déroulante dans laquelle figure une description succincte.

Cette première question risque de poser des problèmes à un utilisateur néophyte. C'est pourquoi nous avons indiqué que la simulation ne pouvait concerner que les utilisateurs expérimentés de FRETURB. Ceux qui en connaissent le fonctionnement pourront mener à bien des simulations pertinentes. Pour les autres, des risques d'erreurs sont réels même si le guide qui accompagnera le logiciel sera conçu de manière à les limiter le plus possible. Ainsi pour savoir sur quelle table intervenir, l'utilisateur devra connaître la place des différentes tables dans le déroulement des traitements du logiciel, c'est-à-dire :

- De quelles informations sont-elles composées ?
- A quelle étape interviennent-elles dans le programme ?

Pour l'heure, seules 5 tables sont proposées pour modification en vue de réaliser un exercice de simulation. Cette liste devrait s'enrichir peu à peu :

- `tblSirextra` : c'est la table qui accueille les données des caractéristiques des établissements de la ville (fichier SIRENE) importées par l'utilisateur. Cette table est utilisée dans tout le déroulement du module 1 pour construire la typologie des établissements en 116 groupes (ST116). Elle comporte autant de lignes que d'établissements de la zone d'étude.
- `tblZone` : c'est la table qui contient les données de zonage (fichier ZONE) importées par l'utilisateur. Elle est utilisée dans tous les modules du logiciel.
- `remg%116` : c'est la table qui indique, pour chacun des 116 types d'activité (ST116) la répartition des opérations entre Expéditions / Réception, Compte d'Autrui / Compte Propre Destinataire / Compte Propre Expéditeur, Trace Directe / Tournée. Cette table contient donc des ratios dont la

somme par catégorie doit être égale à 1. Une fois le nombre d'opération déterminé dans `tblSirextra`, elle permet de les ventiler par catégorie afin de construire la table `tblST116`.

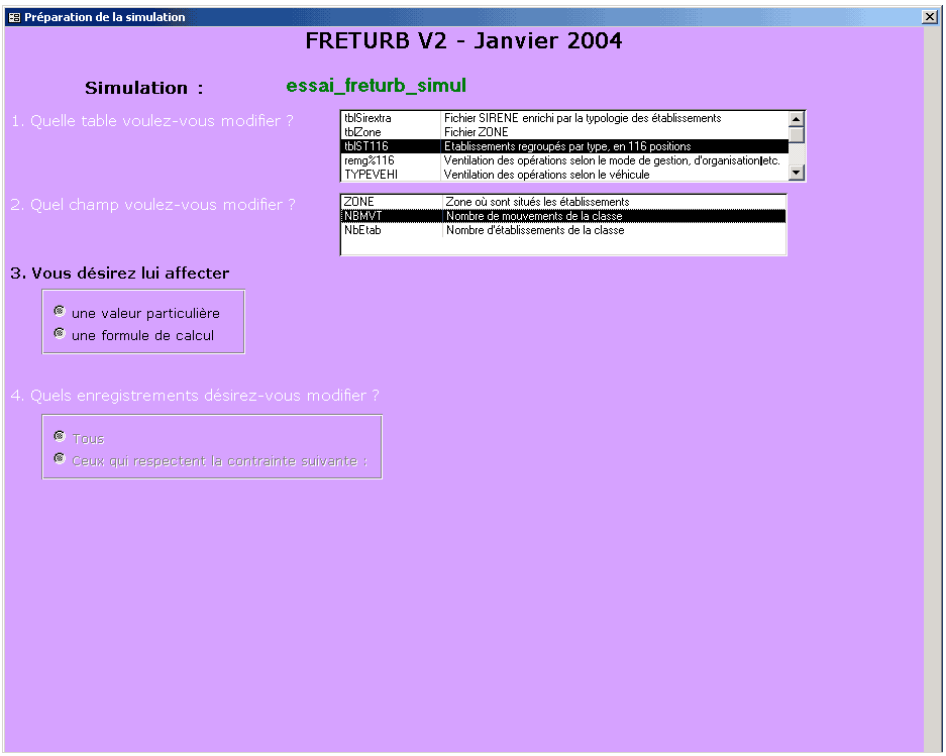
- `TYPEVEHI` : c'est le pendant de la table `remg%116` mais pour ce qui concerne la répartition des opérations selon les véhicules : moins de 3,5 tonnes / Camions Porteurs / Véhicules articulés.
- `tblST116` : elle est issue de `tblSirextra`, `remg%116` et `TYPEVEHI` au cours du module 1. Elle regroupe les établissements selon leur appartenance à l'une des 116 classes d'activité (ST116) et à une zone particulière. Elle contient des informations sur le nombre de mouvements et leur répartition selon le type d'opération, le mode de gestion, le mode d'organisation et le véhicule utilisé. Elle sert pour toutes les sorties graphiques du module 1 et pour l'exécution des modules ultérieurs.

Pour sélectionner la table adéquate, il faut avant tout formuler clairement la question que l'on se pose :

1. Ainsi, si la question posée par l'utilisateur est : « *que se passerait-t-il si l'emploi progressait de 5% dans les établissements industriels situés en 3ème couronne de l'agglomération ?* ». La table sur laquelle il est nécessaire d'intervenir est la table `tblSirextra`, car c'est celle qui contient toutes les informations concernant les établissements.
2. Si la question est : « *que se passerait-il si la population diminuait de 8% dans la zone 2465 ?* » alors la table pertinente est la table `tblZone`.
3. En revanche, si la question est : « *que se passerait-il si les opérations augmentaient de 12% pour les supérettes du centre-ville ?* » la table à modifier est la table `tblST116`.
4. Enfin, si la question est « *quel serait l'impact d'une augmentation de la part des camions porteurs dans les livraisons destinées aux activités de Tertiaire pur ?* » la table à modifier est `TYPEVEHI`.

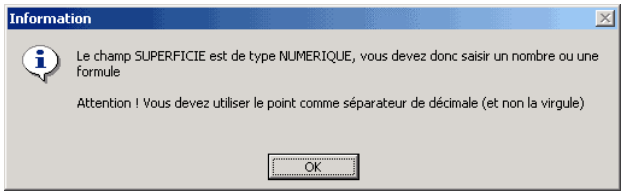
Pour la suite de cet exemple, retenons la question 3 : « *que se passerait-il si les opérations augmentaient de 12% pour les supérettes du centre-ville ?* ». La table à modifier est donc `tblST116`. Il convient maintenant de déterminer la variable à corriger. En l'occurrence il s'agit du nombre d'opérations. Une fois la table sélectionnée dans la liste déroulante, les variables qui la composent et sur lesquelles une modification est possible, s'affichent :

Figure I - 23 : Le choix de la variable de simulation



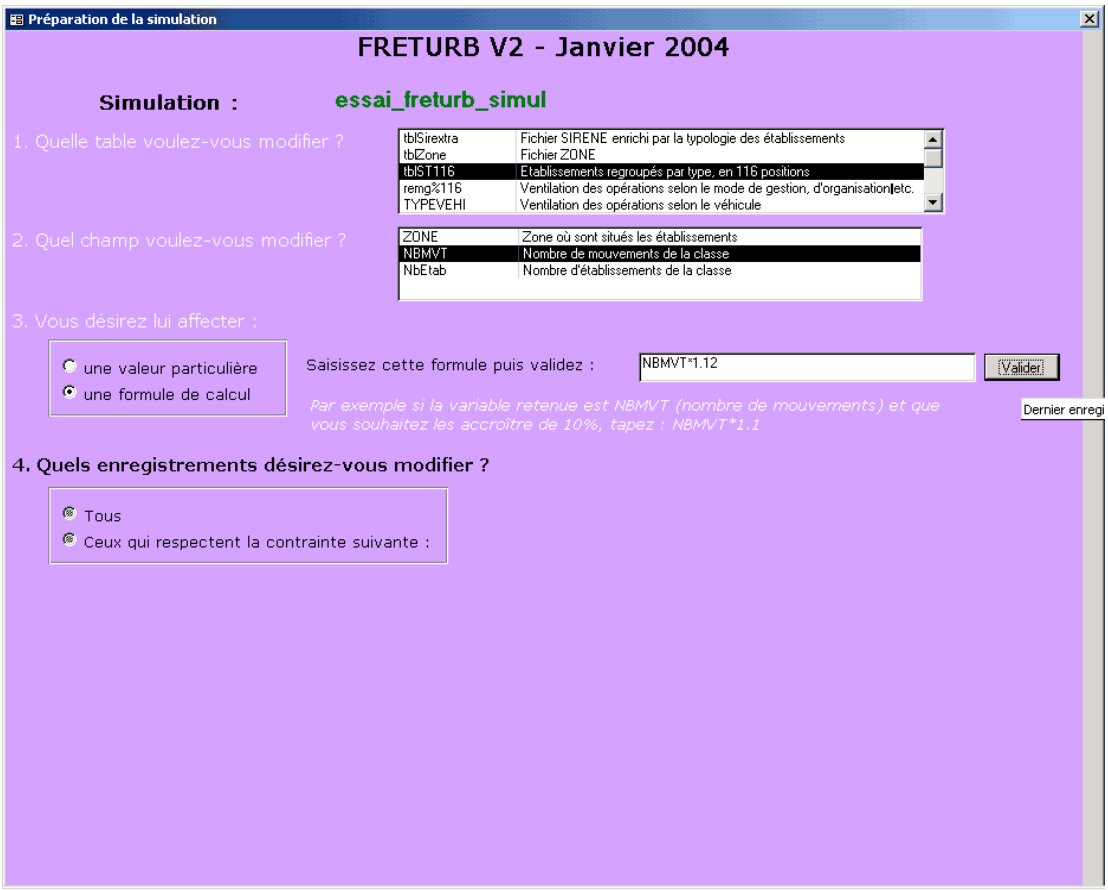
Ici nous retenons NBMVT : Nombre de mouvements de la classe. Une fenêtre s'ouvre pour nous signaler qu'il s'agit d'une variable numérique, et que dans ce cas le séparateur de décimale à utiliser est le point.

Figure I - 24 : La fenêtre d'information sur le type de variable à saisir


Information
Le champ SUPERFICIE est de type NUMERIQUE, vous devez donc saisir un nombre ou une formule
Attention ! Vous devez utiliser le point comme séparateur de décimale (et non la virgule)
OK

Il faut alors choisir si l'on souhaite entrer une valeur particulière ou bien une formule. Dans le cas présent, c'est une formule qui correspond à notre démarche. La formule à saisir est : NBMVT * 1.12, ce qui correspond à l'hypothèse de simulation d'une augmentation de 12% des mouvements.

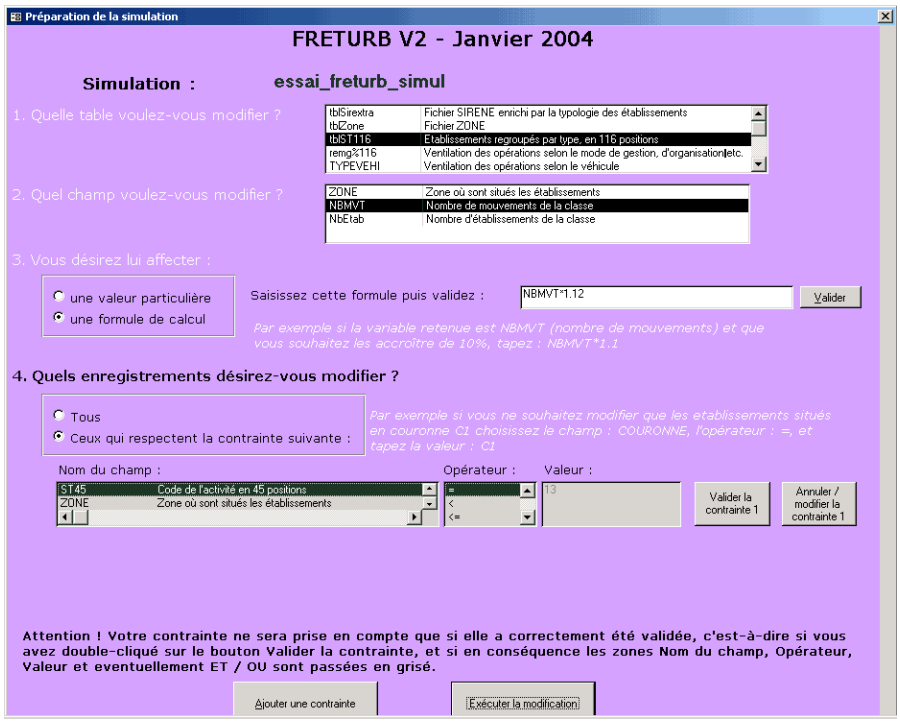
Figure I - 25 : La saisie de la formule de calcul


Préparation de la simulation
FRETURB V2 - Janvier 2004
Simulation :
essai_freturb_simul
1. Quelle table voulez-vous modifier ?
tblSirextra Fichier SIRENE enrichi par la typologie des établissements
tblZone Fichier ZONE
tblST116 Etablissements regroupés par type, en 116 positions
remg%116 Ventilation des opérations selon le mode de gestion, d'organisation etc.
TYPEVEHI Ventilation des opérations selon le véhicule
2. Quel champ voulez-vous modifier ?
ZONE Zone où sont situés les établissements
NBMVT Nombre de mouvements de la classe
NbEtab Nombre d'établissements de la classe
3. Vous désirez lui affecter :
une valeur particulière
une formule de calcul
Saisissez cette formule puis validez :
NBMVT*1.12
Valider
Par exemple si la variable retenue est NBMVT (nombre de mouvements) et que vous souhaitez les accroître de 10%, tapez : NBMVT*1.1
Dernier enregi
4. Quels enregistrements désirez-vous modifier ?
Tous
Ceux qui respectent la contrainte suivante :

Il convient alors d'indiquer quels enregistrements seront modifiés. Deux options sont proposées : la modification de tous les enregistrements, ou bien la modification d'une sélection d'enregistrements. Comme la question porte sur les supérettes du centre-ville il faut choisir l'option avec contrainte, puis saisir la contrainte.

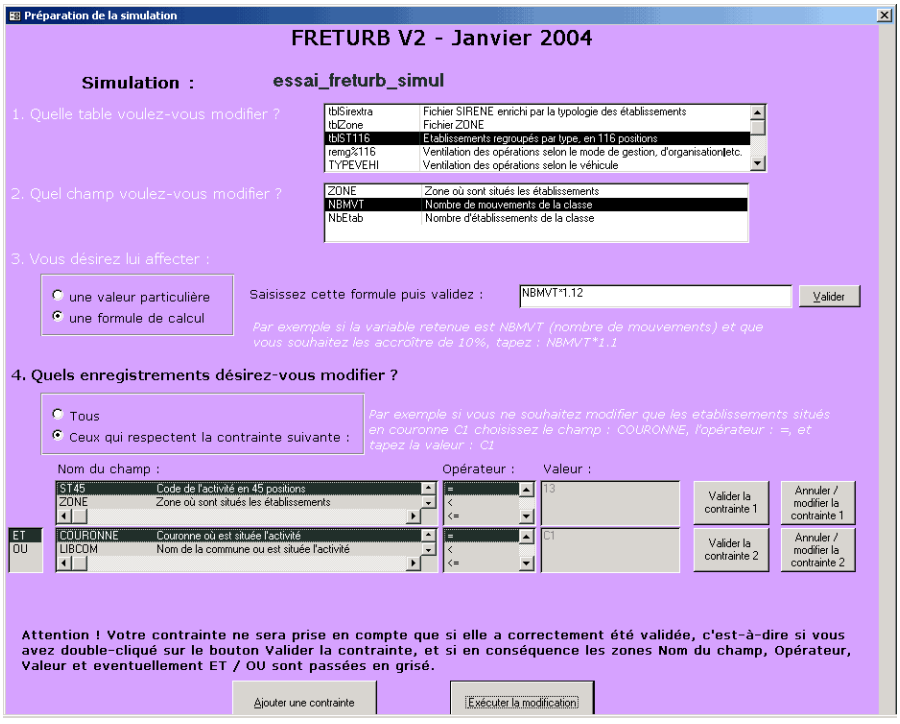
Dans ce cas précis les enregistrements sont ceux qui correspondent à des supérettes et dont le code de typologie en 45 groupes ST45 est « 13 ». Ici on se contente du niveau de typologie ST45 car la taille de l'établissement importe peu, il est donc inutile de passer par la typologie en 116 groupes.

Figure I - 26 : La saisie de la première contrainte de sélection


Préparation de la simulation
FRETURB V2 - Janvier 2004
Simulation :
essai_freturb_simul
1. Quelle table voulez-vous modifier ?
tblSirextra Fichier SIRENE enrichi par la typologie des établissements
tblZone Fichier ZONE
tblST116 Etablissements regroupés par type, en 116 positions
remg%116 Ventilation des opérations selon le mode de gestion, d'organisation|etc.
TYPEVEHI Ventilation des opérations selon le véhicule
2. Quel champ voulez-vous modifier ?
ZONE Zone où sont situés les établissements
NBMVT Nombre de mouvements de la classe
NbEtab Nombre d'établissements de la classe
3. Vous désirez lui affecter :
une valeur particulière
une formule de calcul
Saisissez cette formule puis validez :
NBMVT*1.12
Valider
Par exemple si la variable retenue est NBMVT (nombre de mouvements) et que vous souhaitez les accroître de 10%, tapez : NBMVT*1.1
4. Quels enregistrements désirez-vous modifier ?
Tous
Ceux qui respectent la contrainte suivante :
Par exemple si vous ne souhaitez modifier que les établissements situés en couronne C1 choisissez le champ : COURONNE, l'opérateur : =, et tapez la valeur : C1
Nom du champ :
Opérateur :
Valeur :
ST45 Code de l'activité en 45 positions
ZONE Zone où sont situés les établissements
13
Valider la contrainte 1
Annuler / modifier la contrainte 1
Attention ! Votre contrainte ne sera prise en compte que si elle a correctement été validée, c'est-à-dire si vous avez double-cliqué sur le bouton Valider la contrainte, et si en conséquence les zones Nom du champ, Opérateur, Valeur et eventuellement ET / OU sont passées en grisé.
Ajouter une contrainte
Exécuter la modification

Une fois cette contrainte validée, on peut Ajouter une contrainte ou bien Exécuter la modification. Comme on ne s'intéresse qu'aux supérettes du centre-ville, il faut rajouter une contrainte de localisation. Dans notre hypothèse, le centre ville est par construction[12] situé dans la 1ère couronne, codée C1.

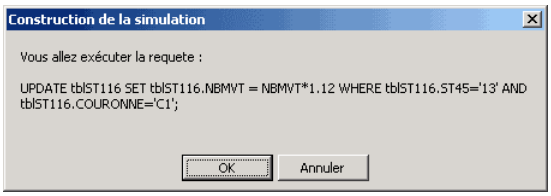
Figure I - 27 : La saisie de la deuxième contrainte de sélection


Préparation de la simulation
FRETURB V2 - Janvier 2004
Simulation :
essai_freturb_simul
1. Quelle table voulez-vous modifier ?
tblSirextra Fichier SIRENE enrichi par la typologie des établissements
tblZone Fichier ZONE
tblST116 Etablissements regroupés par type, en 116 positions
remg%116 Ventilation des opérations selon le mode de gestion, d'organisation|etc.
TYPEVEHI Ventilation des opérations selon le véhicule
2. Quel champ voulez-vous modifier ?
ZONE Zone où sont situés les établissements
NBMVT Nombre de mouvements de la classe
NbEtab Nombre d'établissements de la classe
3. Vous désirez lui affecter :
une valeur particulière
une formule de calcul
Saisissez cette formule puis validez :
NBMVT*1.12
Valider
Par exemple si la variable retenue est NBMVT (nombre de mouvements) et que vous souhaitez les accroître de 10%, tapez : NBMVT*1.1
4. Quels enregistrements désirez-vous modifier ?
Tous
Ceux qui respectent la contrainte suivante :
Par exemple si vous ne souhaitez modifier que les établissements situés en couronne C1 choisissez le champ : COURONNE, l'opérateur : =, et tapez la valeur : C1
Nom du champ :
Opérateur :
Valeur :
ST45 Code de l'activité en 45 positions
ZONE Zone où sont situés les établissements
13
Valider la contrainte 1
Annuler / modifier la contrainte 1
ET
OU
COURONNE Couronne où est située l'activité
LIBCOM Nom de la commune où est située l'activité
C1
Valider la contrainte 2
Annuler / modifier la contrainte 2
Attention ! Votre contrainte ne sera prise en compte que si elle a correctement été validée, c'est-à-dire si vous avez double-cliqué sur le bouton Valider la contrainte, et si en conséquence les zones Nom du champ, Opérateur, Valeur et eventuellement ET / OU sont passées en grisé.
Ajouter une contrainte
Exécuter la modification

12. Cf. Programme National Marchandises en Ville, *Mesurer l'impact du Transport de marchandises en ville, le modèle de simulation FRETURB (version 1)*, p. 76.

Il est à noter qu'une troisième contrainte aurait pu être ajoutée de la même manière ; ici elle n'a pas lieu d'être, compte tenu de notre question. On peut donc choisir d'Exécuter la modification. Afin d'éviter des erreurs, la modification ne s'effectue pas immédiatement. Une fenêtre s'ouvre et affiche le texte de la requête qui vient d'être écrite par l'utilisateur, si ce texte lui convient la modification est réalisée, sinon il est encore temps en cliquant sur Annuler de corriger les indications saisies dans le formulaire :

Figure I - 28 : L'écriture de la requête


Construction de la simulation
Vous allez exécuter la requete :
UPDATE tblST116 SET tblST116.NBMVT = NBMVT*1.12 WHERE tblST116.ST45='13' AND tblST116.COURONNE='C1';
OK
Annuler

La traduction de la requête saisie est :

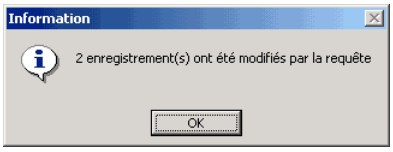
UPDATE tblST116 SET tblST116.NBMVT = NBMVT*1.12 WHERE tblST116.ST45='13' AND tblST116.COURONNE = 'C1' ;

Ce qui signifie que la table tblST116 va être mise à jour sur le champ NBMVT, en appliquant la formule : NBMVT= NBMVT * 1.12 pour les enregistrements ayant la valeur '13' dans le champ ST45 et la valeur 'C1' dans le champ COURONNE.

C'est bien la simulation souhaitée, donc on valide en cliquant sur OK. Notons ici que la connaissance du langage SQL, utilisé pour l'élaboration des requêtes, peut être utile. Ceci vient renforcer encore l'argument selon lequel les simulations ne peuvent être à la portée de n'importe quel utilisateur, mais seulement de personnes chevronnées dans la manipulation de bases de données et la connaissance de FRETURB.

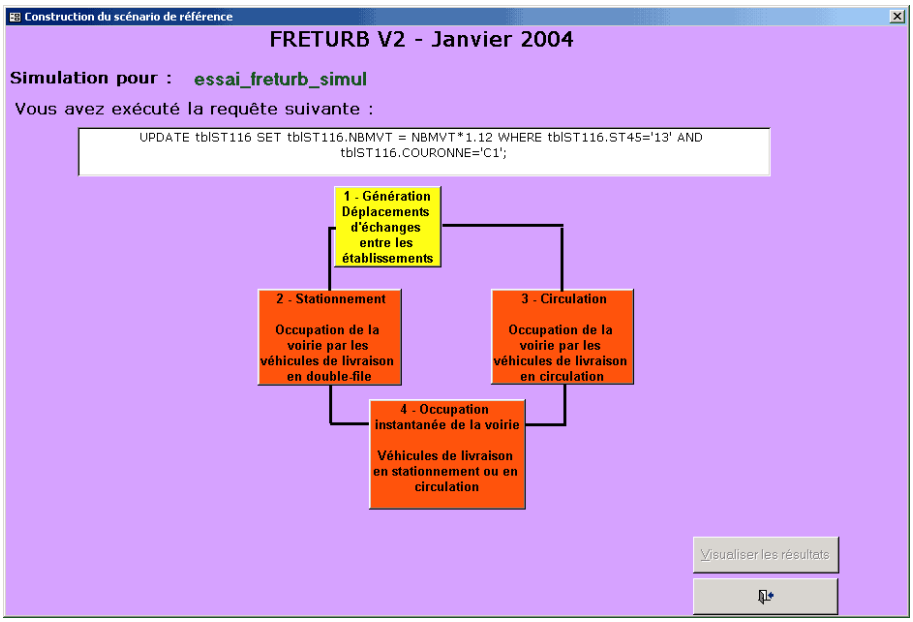
Si la requête s'est bien déroulée, une fenêtre affiche le nombre d'enregistrements modifiés, sinon un message expliquant l'erreur apparaît. Dans l'exemple retenu, seuls 2 enregistrements ont été concernés par la modification :

Figure I - 29 : Le nombre d'enregistrements concernés par la simulation



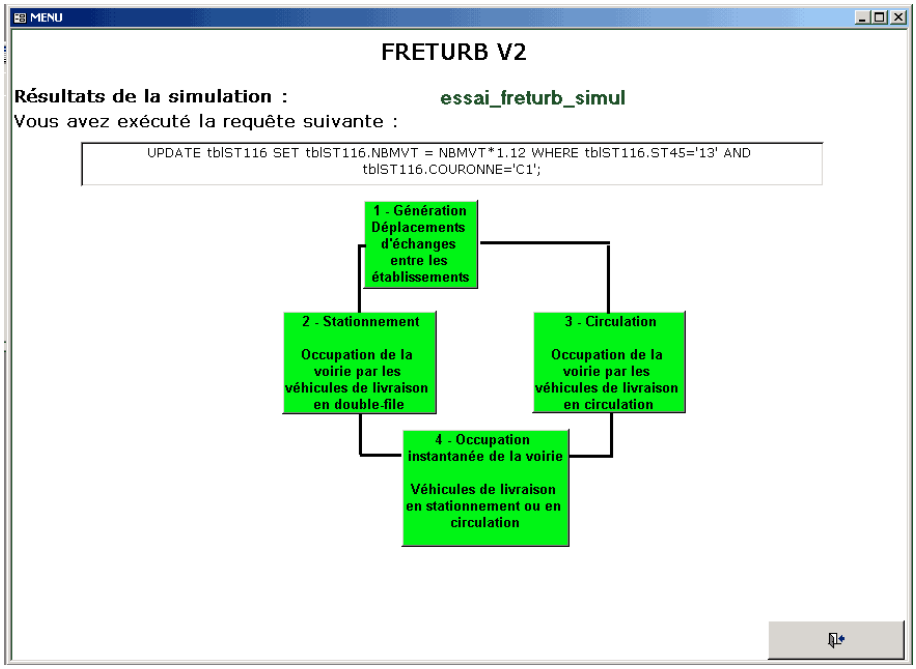
On peut dès lors poursuivre l'exécution de FRETURB. Dans la mesure où il s'agit d'une simulation, la fenêtre d'exécution a été simplifiée, et il suffit de cliquer sur les boutons correspondant aux modules pour que ceux-ci s'exécutent sans qu'il ne soit nécessaire de passer par des fenêtres intermédiaires. La requête réalisée reste affichée à l'écran.

Figure I - 30 : La fenêtre d'exécution de la simulation


Construction du scénario de référence
FRETURB V2 - Janvier 2004
Simulation pour : essai_freturb_simul
Vous avez exécuté la requête suivante :
UPDATE tblST116 SET tblST116.NBMVT = NBMVT*1.12 WHERE tblST116.ST45='13' AND tblST116.COURONNE='C1';
1 - Génération Déplacements d'échanges entre les établissements
2 - Stationnement
Occupation de la voirie par les véhicules de livraison en double-file
3 - Circulation
Occupation de la voirie par les véhicules de livraison en circulation
4 - Occupation instantanée de la voirie
Véhicules de livraison en stationnement ou en circulation
Visualiser les résultats

L'application sur laquelle la simulation a été opérée ne contenait pas les informations nécessaires à l'exécution du module Achats, c'est pourquoi il n'apparaît pas dans la fenêtre. Lorsque les modules ont été exécutés, il est possible de visualiser les résultats de la même manière que pour un scénario de référence. Pour signaler qu'il s'agit d'une simulation, la fenêtre de résultats affiche le texte de la requête de manière à ce que l'utilisateur conserve à l'esprit de quelle manière il a construit son scénario.

Figure I - 31 : La fenêtre de présentation des résultats de la simulation


MENU
FRETURB V2
Résultats de la simulation : essai_freturb_simul
Vous avez exécuté la requête suivante :
UPDATE tblST116 SET tblST116.NBMVT = NBMVT*1.12 WHERE tblST116.ST45='13' AND tblST116.COURONNE='C1';
1 - Génération Déplacements d'échanges entre les établissements
2 - Stationnement
Occupation de la voirie par les véhicules de livraison en double-file
3 - Circulation
Occupation de la voirie par les véhicules de livraison en circulation
4 - Occupation instantanée de la voirie
Véhicules de livraison en stationnement ou en circulation

3. Contraintes à respecter et tests de cohérence des requêtes

A l'issue de la requête, FRETURB réalise un certain nombre de contrôles visant à s'assurer que la structure des tables est toujours cohérente et à identifier l'endroit à partir duquel l'exécution de FRETURB doit débuter. Ce sont en effet les risques d'incohérences qui peuvent générer des erreurs

susceptibles d'interrompre le déroulement du programme. Il convient de les débusquer avant qu'elles ne se produisent, c'est-à-dire de prévenir ces risques afin de s'assurer le plus possible que l'exécution se passe sans heurts.

3.1. Les tests de cohérence

1. Si l'utilisateur a modifié la zone de localisation des établissements des fichiers `tblSirextra` ou `tblST116`, une requête va alors corriger les champs Commune et Couronne de telle sorte que les zones de `tblSirextra` et celles de `tblZone` demeurent concordantes.
2. Si l'utilisateur a modifié l'effectif de l'établissement, une requête vient mettre à jour le champ TEFET (tranche d'effectif salarié) en conséquence, afin qu'il n'y ait pas d'incohérences dans la table.
3. Dans la table `remg%116`, si l'utilisateur a modifié la part des expéditions, alors la part des réceptions s'ajuste de façon que : expédition + réception = 1. De même, s'il modifie la part des traces directes, celle des tournées s'ajuste. Le cas de figure est un peu plus complexe en ce qui concerne les modes de gestion car ils sont au nombre de 3. L'utilisateur a le choix entre modifier la part du compte d'autrui (CA) et celle du compte propre expéditeur (CPE). En conséquence la modalité d'ajustement est le compte propre destinataire (CPD). Ainsi, si l'utilisateur modifie le compte d'autrui, le compte propre destinataire va s'ajuster de manière à ce que CA + CPE + CPD = 1. Dans l'hypothèse où l'augmentation de la part du CA est telle que CA + CPE > 1, et dans la mesure où les valeurs négatives ne sont bien entendu pas tolérées, alors la part du CPD passe à 0 et celle du CPE s'ajuste afin de préserver l'équation CA + CPE + CPD = 1. Réciproquement, si l'utilisateur modifie la part du CPE, c'est toujours le CPD qui s'ajuste sauf dans le cas ou la hausse est telle qu'il faille également ajuster le CA.

   Cette hypothèse est forte. Pour l'heure c'est néanmoins celle que nous avons retenue car en procédant de cette manière on permet de conserver les valeurs saisies par l'utilisateur. Ainsi, si l'utilisateur décide, lors d'une première étape de sa simulation, de passer le CA à 25% pour certaines activités, il pourra lors d'une seconde simulation réalisée suite à la précédente, corriger le CPE de manière à fixer précisément les valeurs CA, CPE et CPD, exemple : CA = 25%, CPE = 45% et donc CPD = 30%. Si nous avions opté pour une autre démarche, par exemple en répercutant le changement de la part d'un mode de gestion sur les deux autres à la fois, l'utilisateur n'aurait pas été en mesure de modifier exactement dans les proportions souhaitée chacun des modes de gestion. Nous réfléchissons actuellement à d'autres procédures, elles seront peut-être retenues dans les développements ultérieurs du logiciel.
4. Le même problème se pose dans la table `TYPEVEHI` avec la répartition des véhicules puisqu'il y en a trois : les moins de 3,5 tonnes (3_5T), les camions porteurs (CPORT) et les véhicules articulés (ARTIC). Dans la démarche de simulation, nous proposons à l'utilisateur de corriger soit la part des 3_5T, soit celle des ARTIC. En conséquence, c'est la part des CPORT qui s'ajuste selon le même principe que pour les modes de gestion.

3.2. Les différentes zones concernées par la reprise de l'exécution de FRETURB

Ainsi qu'il a déjà été signalé, selon la modification mise en œuvre, l'exécution du module 1 de FRETURB devra se faire dans son intégralité ou seulement sur une partie du code.

Si la modification porte sur la table `tblSirextra`, c'est tout le module 1 qui sera exécuté. En revanche, s'il s'agit d'un changement de `remg%116` ou de `TYPEVEHI`, on pourra s'affranchir de la partie du programme qui se déroule avant l'entrée en action de ces deux tables. Si c'est `tblST116` qui est modifiée, il conviendra alors de relancer le module 1 au niveau de l'intervention des tables `remg%116` et `TYPEVEHI` qui servent à ventiler les opérations selon leurs caractéristiques (véhicule utilisé, mode de gestion, d'organisation, type d'opération). Si c'est la table de zonage qui est concernée, l'exécution pourra reprendre à l'issue du module 1, au moment où les tables sont exportées vers la base de données résultats.

VI. Conclusion de la partie I

La physionomie et les procédures du logiciel ont beaucoup évolué au cours des mois passés. Les voies actuelles d'évolutions sont concentrées sur le module Achats (partie 2) et sur le module de distribution préalable au module environnemental (partie 3). Il offrira à terme la possibilité de réaliser des représentations cartographiques des émissions polluantes.

Le travail entamé concernant le module de simulation va se poursuivre afin d'enrichir les possibilités d'intervention de l'utilisateur et de rendre ces simulations encore plus simples et pertinentes. Pour cela, ainsi que pour améliorer encore l'ergonomie du logiciel, des échanges avec les utilisateurs de FRETURB seront indispensables. Ils permettront d'identifier les questions les plus fréquemment posées et d'adapter le logiciel en conséquence. Le bilan d'étape de l'utilisation de FRETURB, proposé par le CETE Nord Picardie, nous fournira des éléments précieux pour améliorer encore le logiciel et envisager d'étendre sa diffusion. En particulier, il serait nécessaire d'obtenir rapidement des informations sur :

- les usages ayant abouti,
- les problèmes rencontrés,
- les difficultés de compréhension.

On pourrait ainsi envisager de rencontrer les utilisateurs de FRETURB, passés et actuels, dans le cadre d'une journée d'information et d'échanges. Cette journée pourrait donne lieu à la présentation de la nouvelle version de FRETURB et des possibilités d'analyse qu'elle propose.

Partie II - Le module Achats de FRETURB

Distribution zone à zone des flux d'achat dans l'agglomération

Depuis sa version 1, FRETURB propose un module permettant d'estimer les trafics automobiles générés par les déplacements d'achats des ménages. En effet, ces déplacements d'achats constituent le dernier maillon de la chaîne de distribution allant du producteur au lieu de consommation finale du produit. Il est donc cohérent de les prendre en compte pour simuler les flux de déplacements de marchandises en ville dans leur globalité.

Les enquêtes Ménages Déplacements (EMD) proposent une décomposition des déplacements selon une vingtaine de catégories de motifs. Trois d'entre elles peuvent être rassemblées pour constituer les déplacements d'achats, il s'agit :

- des déplacements pour motif « grands magasins, supermarchés et hypermarchés »,
- des déplacements pour motif « petits et moyens commerces »,
- des déplacements pour motif « marchés ».

Ces enquêtes sont à la base de l'estimation des déplacements d'achats. Pour autant, leurs résultats ne pourront pas être utilisés de manière brute et devront être modélisés car le mode de calcul des flux dans les enquêtes ménages n'est pas adapté à la problématique marchandises en ville. Signalons que cette modélisation des flux d'achats des ménages a été proposée par Erwan Ségalou dans le cadre de son travail de thèse au LET. Ce dernier ayant quitté le laboratoire depuis 2003, la transposition de son modèle dans FRETURB a été opérée sur la base de ses écrits, et en particulier le rapport « Mise en place d'une méthodologie pour la réalisation des bilans environnementaux du transport de marchandises en ville », LET, Aria Technologies, System Consult, pour l'ADEME, pp. 33 à 44.

I. L'estimation des flux d'achat selon leur Origine et selon leur Destination

Les données issues des Enquêtes Ménages Déplacements fournissent des trafics achats redressés sur la zone de résidence de l'individu. La logique de FRETURB est différente car fondée sur un calcul des flux au lieu de génération, soit le lieu d'achat. Elle nécessite ainsi un redressement des flux au lieu d'achat et, par conséquent, implique d'extraire des fichiers EMD les informations relatives aux déplacements d'achat pour pouvoir les traiter de manière à obtenir une matrice Origine Destination de ces déplacements redressés au lieu d'achat. Avant d'exposer cette procédure permettant de transformer les déplacements enquête-ménages en flux origine – destination calculés au lieu d'achat, il est essentiel de préciser ce que recouvre la terminologie Déplacement d'Achat employée par FRETURB.

1. Qu'est-ce qu'un déplacement d'achat au sens de FRETURB ?

Un déplacement d'achats est en premier lieu, un déplacement dont le ***motif à l'origine*** est l'achat puisqu'il donne lieu au transport de marchandise de la part de l'acquéreur. Quelques exemples de déplacements d'achats :

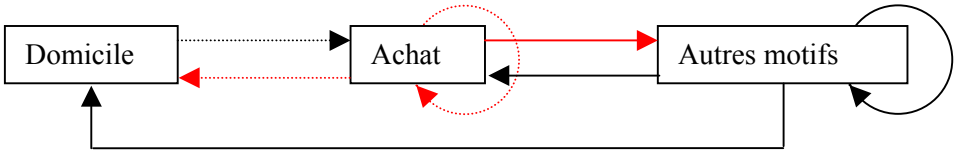
$$\text{Achat} \rightarrow \text{Domicile} \ , \ \text{Achat} \rightarrow \text{Travail} \ , \ \text{Achat} \rightarrow \text{Loisir} \ , \ \text{Achat} \rightarrow \text{Achat}$$

Cette définition est différente de celle donnée dans les EMD (méthodologie CERTU) qui considèrent les déplacements d'achat comme ceux qui aboutissent à un achat et non ceux qui ont pour lieu d'origine un lieu d'achat. Elle rejoint néanmoins celle que nous avons adoptée dans la définition générale d'un déplacement de marchandises à partir du moment où celle-ci est chargée dans le véhicule.

Cependant, afin de prendre en compte l'intégralité des déplacements provoqués par l'acte d'achat, nous avons décidé d'inclure également dans les flux étudiés, ceux qui composent les ***trajets amonts des navettes achats***, celles-ci étant entendues comme des déplacements dont le seul but est l'acte d'achat. Une navette est donc un déplacement qui part du domicile pour se rendre sur un ou plusieurs lieux d'achats puis revient directement au domicile. Le trajet amont de la navette achat est la portion du déplacement qui est située avant l'acte d'achat, c'est-à-dire le trajet Domicile – (premier) Achat.

On peut représenter simplement les flux Achats retenus par FRETURB sur le schéma suivant :

Figure II - 1 : Les flux achats de FRETURB



Sur ce schéma, les trajets figurés en rouge constituent les trajets Achats. Ceux qui sont en pointillés – quelle que soit leur couleur – sont ceux susceptibles de constituer des navettes achats. Ils ne seront effectivement considérés comme des déplacements d'achat, que si le maillon : Domicile – Achat (en pointillés noirs sur la figure) figure dans la chaîne de déplacement. Les trajets indiqués en noir trait plein, ne sont pas des déplacements d'achats.

Prenons quelques exemples de chaînes de déplacements afin d'isoler ce qui est considéré comme un déplacement d'achat par FRETURB :

- Domicile → Travail → **Achat → Domicile** : seule la portion **Achat → Domicile** constitue un déplacement d'achat car elle est uniquement motivée par l'acte d'achat. C'est sur ce maillon qu'il y a réellement déplacement de marchandise.
- Domicile → **Achat → Loisir** → Domicile : un seul déplacement d'achat sur la portion **Achat → Loisir**.
- Domicile → **Achat → Achat → Démarches** → Domicile : Deux déplacements d'achats sur les portions **Achat → Achat** et **Achat → Démarches**.
- **Domicile → Achat → Domicile** ou bien **Domicile → Achat → Achat → Domicile** : Toute la chaîne est uniquement motivée par l'acte d'achat, il s'agit donc d'une navette achat comportant deux déplacements d'achat dans le premier cas, et trois dans le second cas.
- Domicile → **Achat → Loisir → Achat → Domicile** : Deux déplacements d'achat sur les trajets **Achat → Loisir** puis **Achat → Domicile**.

2. Les variables utilisées par FRETURB pour modéliser les flux d'achat

Dans la procédure de modélisation, FRETURB fonctionne par étapes. Dans un souci de cohérence, et pour permettre d'élaborer la matrice Origines / Destinations, les calculs sont d'abord réalisés pour chacune des zones d'émission, puis pour chacune des zones d'attraction. En effet, un déplacement ne se caractérise pas seulement par des motifs mais également par des lieux : il relie une zone de départ et une zone d'arrivée. Dans le fichier EMD des milliers de déplacements reliant différentes zones de départ et différentes zones d'arrivée sont inscrits[13]. Ces déplacements peuvent être comptabilisés au lieu de départ (*zo*) : c'est l'émission, ou bien au lieu d'arrivée (*zd*) : c'est l'attraction. Logiquement la somme des émissions doit être égale à la somme des attractions, c'est d'ailleurs ce qu'on observe quand on se livre

13. Ces zones seront par la suite appelées Zones Enquête Ménage, car il s'agit du découpage de l'agglomération retenu par l'EMD. Dans le cadre de l'EMD, il peut y avoir plusieurs découpages proposés selon différents degrés de finesse. Pour faire fonctionner FRETURB, il convient de retenir le découpage compatible avec le zonage adopté dans le fichier Zones. Par exemple, à Dijon, ce découpage EMD comprend 25 zones, qui englobent les 46 zones de fonctionnement du modèle. Le macro-zonage qui est utilisé pour le calcul de la part de la VP dans les flux d'achats comporte pour sa part 10 zones qui regroupent les 25 zones enquête - ménages. Ces zonages fonctionnent donc comme des poupées russes, emboités les uns dans les autres du plus fin (zonage TMV, 46 zones) au plus grossier (macro-zonage de l'enquête ménages, 10 zones).

à ce calcul à partir du fichier Enquêtes-Ménage. Néanmoins, quand on modélise ces grandeurs, dans la mesure où les variables utilisées pour estimer l'émission sont différentes de celles utilisées pour l'attraction, il est normal d'observer un léger écart entre ces deux grandeurs. C'est pourquoi un redressement visant à équilibrer émissions et attractions doit être opéré.

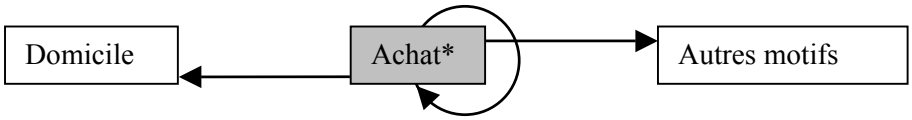
2.1. L'émission

Elle est calculée au lieu d'origine (zo) en 2 étapes. Dans un premier temps sont estimés les flux d'achats réalisés en Voiture Particulière (VP) émis par les lieux d'achats. Cette estimation était déjà fournie dans la version 1 du module Achats de FRETURB. Dans un second temps, ce sont les trajets amont des navettes achats qui sont estimés au lieu d'émission, c'est-à-dire le domicile.

2.1.1. L'émission par les lieux d'achats des flux d'achats réalisés en VP

Sur le schéma précédent, on calcule les seuls déplacements indiqués, au lieu désigné en gris :

Figure II - 2 : L'émission des flux d'achats



*Dans le cas des déplacements Achat → Achat. Les flux sont calculés au lieu d'achat d'origine

Pour obtenir l'émission des flux d'achat réalisés en VP, la modélisation est réalisée en 3 nouvelles étapes. Les flux d'achats tous modes sont d'abord estimés, puis la part de la VP dans les déplacements d'achat, enfin on combine ces deux grandeurs.

a) L'émission par les lieux d'achats des flux d'achats tous modes

Dans le modèle, elle est estimée par une régression linéaire multiple associant 4 variables calculées par FRETURB ou fournies par le fichier de zonage :

- le nombre d'emplois en grande surface (EmploiGS),
- le nombre d'emplois en très grandes surfaces (EmploiTGS),
- le nombre de commerces, hors grandes et très grandes surfaces (NbAutrEtab),
- et le nombre d'habitants (Population).

L'équation est la suivante :

$$\boldsymbol{HAORI_{zo} = a_1 * Population_{zo} + a_2 * EmploiGS_{zo} + a_3 * EmploiTGS_{zo} + a_4 * NbAutrEtab_{zo}}$$

HAORI est fourni par l'utilisateur qui le calcule à partir du fichier EMD, sur les flux internes[14] à l'agglomération. Seules les zones émettant 50 déplacements ou plus sont retenues.

Encadré : La représentativité statistique

Pour plusieurs régressions (DomiHAVPnavOri, HaoriVPtsmotifs, DomiHaVPnavDest), E. Ségalou indique que le calibrage de la fonction devrait théoriquement se faire sur l'ensemble des zones du découpage retenu, mais qu'en pratique la fonction ne sera calibrée que sur les zones présentant un nombre brut d'observations des déplacements statistiquement représentatif. Nous avons choisi de fixer ce seuil à 50 déplacements.

14. On appelle flux internes les déplacements dont la zone de départ et la zone d'arrivée sont comprises dans l'aire d'étude, ce qui signifie que les achats dans la ville réalisés par des ménages originaires de l'extérieur de l'agglomération ou ceux réalisés hors agglomération par des habitants de la ville ne sont pas pris en considération.

b) La part de la VP dans ces déplacements d'achat émis par les commerces

Elle est estimée par une régression linéaire multiple associant les 3 variables suivantes :

- La distance au centre, mesurée à vol d'oiseau de centroïde à centroïde (DistZoneCentre, fournie par le fichier Zone)
- Le taux de motorisation de la zone (TxMotor, calculé à partir du fichier EMD)
- La présence ou non d'une grande surface dans la zone (ET_TGS, calculé par FRETURB)

L'équation est la suivante :

$$PART\_HAVP_{zo} = k + b_1 * TxMotor_{zo} + b_2 * Log(DistZoneCentre_{zo}) + b_3 * ET\_TGS_{zo}$$

PART_HAVP est déterminé par l'utilisateur à partir du fichier EMD, sur les flux internes à l'agglomération. Les zones utilisées pour le calculer sont des macro-zones, c'est-à-dire des zones plus vastes que les zones habituellement utilisées. En effet, sur un découpage trop fin, le volume de flux risquerait de ne pas être suffisamment significatif. Il est calculé en rapportant les HAORIVP (flux d'achats réalisés en VP) aux HAORI sur ce macro zonage.

c) Le nombre de déplacements d'achats réalisés en VP et émis au niveau de l'appareil commercial

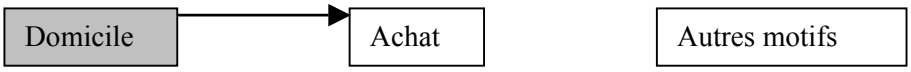
Il s'obtient en multipliant les variables précédemment estimées :

$$HAORIVP_{zo} = HAORI_{zo} * PART\_HAVP_{zo}$$

2.1.2. L'émission des trajets amonts des navettes achats réalisés en VP

Sur la figure II. 1 on calcule les seuls déplacements indiqués, au lieu désigné en gris :

Figure II - 3 : L'émission des trajets amonts des navettes achats



Pour obtenir l'émission des trajets amonts des navettes achats réalisés en VP, une régression linéaire multiple associant 2 variables fournies par le fichier de zonage et l'EMD est réalisée. Ces variables sont :

- le nombre d'habitants (Population),

  « le choix de cette variable se justifie par le fait que le nombre de sorties du domicile observé sur une zone, et cela quel que soit le motif de sortie en général, est très fortement lié au nombre d'habitants de la zone. Autrement dit, plus un secteur compte d'habitants plus le nombre de déplacements émis par ce dernier, toutes choses égales par ailleurs, est important. »

Rapport « Mise en place d'une méthodologie pour la réalisation des bilans environnementaux du transport de marchandises en ville », LET, Aria Technologies, System Consult, pour l'ADEME, p. 37.

- Le taux de motorisation de la zone (TxMotor, calculé à partir du fichier EMD)

  « Cette variable intervient dans la fonction de génération pour rendre compte du fait que le niveau de motorisation d'un secteur donné influence le comportement modal des habitants de ce dernier. Ainsi, plus le nombre moyen de voitures par ménage est élevé, plus la probabilité que les individus aient recours à ce mode est importante. »

Ibidem., p. 37.

L'équation est la suivante :

$$DomiHaVPnavOri_{zo} = c_1 * Population_{zo} + c_2 * TxMotor_{zo}$$

DomiHaVPnavOri est calculé par l'utilisateur à partir du fichier EMD, sur les flux internes à l'agglomération. Il recouvre les déplacements réalisés en VP et compris dans une navette Achats telle qu'elle a été définie plus haut. Pour des raisons de représentativité statistique, seules les zones émettant 50 déplacements ou plus sont retenues.

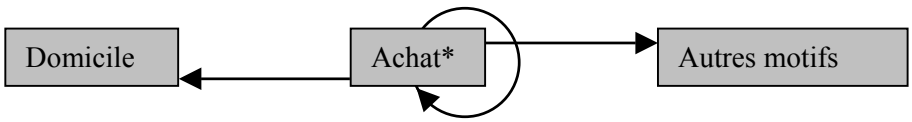
2.2. L'attraction

De manière symétrique à ce qui a été fait pour l'émission, l'attraction est calculée en 2 étapes. Les flux d'achats réalisés en VP sont ici estimés au lieu d'arrivée (*zd*), qu'il s'agisse du domicile, du lieu de travail ou d'un quelconque autre lieu. Ensuite ce sont les trajets amont des navettes achat qui sont estimés cette fois-ci au lieu d'achat.

2.2.1. L'attraction des flux d'achat réalisés en VP

Sur la figure II.1 précédente, on calcule les seuls déplacements indiqués, au lieu désigné en gris :

Figure II - 4 : Les flux achats mesurés au lieu d'attraction



*Le lieu d'Achat n'est retenu que pour le cas des déplacements Achat → Achat. Ils sont alors calculés au lieu d'achat de Destination.

On peut les estimer par le biais d'une régression linéaire reliant les variables suivantes issues de FRETURB :

- le nombre d'habitants (Population),

> *« Il ressort des analyses menées à partir des enquêtes ménages que le domicile est en moyenne le motif de destination de 75% des déplacements effectués directement après la réalisation d'un achat. Ainsi, comme pour tous les déplacements en direction du domicile, le pouvoir d'attraction d'une zone concernant de tels déplacements est logiquement corrélé à son poids démographique. Autrement dit, on considère qu'un secteur attire d'autant plus de déplacements se terminant au domicile qu'il compte d'habitants. »*

Ibidem., p. 38.

- La densité d'établissements économiques de la zone (DENSACTI, calculé par FRETURB)

> *« Un achat dans un commerce n'est pas toujours suivi d'un retour direct au domicile. Dans environ 25% des cas, la réalisation d'un acte d'achat est suivie d'une autre activité (travail, loisirs, autres achats, etc.). Pour rendre compte de cet état de fait, nous faisons l'hypothèse que plus une zone concentre un grand nombre d'établissements économiques plus elle offre a priori un potentiel d'activités important et plus sa capacité à attirer un grand nombre de déplacements est alors élevée. Dans ce cas précis, la variable nombre d'établissements économiques au km² peut être interprétée comme un indicateur de l'offre d'activités d'une zone. A cet effet positif sur l'attraction des flux tous modes dont rend compte une telle variable, s'en ajoute un deuxième, négatif, concernant le recours à la voiture particulière pour effectuer de tels déplacements. En effet, la présence d'un plus ou moins grand nombre d'établissements économiques au km² est à la fois significatif en général d'une certaine densité (densité d'habitants, du bâti, etc.) de la zone considérée et d'un certain niveau de proximité (géographique) entre les établissements économiques ; ces facteurs influençant directement le plus ou moins grand recours à la voiture par rapport aux autres modes. »*

Ibidem, p. 38.

La relation est la suivante :

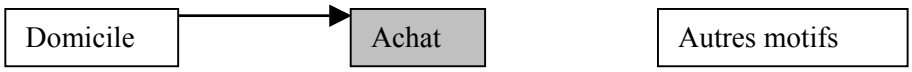
$$\boldsymbol{HAoriVPtsmotifs_{zd} = k + d_1 * Population_{zd} + d_2 * DENSACTI_{zd}}$$

HaoriVPtsmotifs est calculé par l'utilisateur à partir du fichier EMD, sur les flux internes à l'agglomération. Il comprend les déplacements réalisés en VP à destination de *zd* et dont le motif à l'origine est l'achat, quel que soit le motif à la destination.

2.2.2. L'attraction des trajets amonts des navettes achats réalisés en VP

Sur le schéma suivant, on calcule les seuls déplacements indiqués, au lieu désigné en gris :

Figure II - 5 : Les trajets amont des navettes achats mesurés au lieu d'achat



Ces flux sont modélisés via une régression linéaire associant les variables suivantes, issues de FRETURB :

- les trajets amonts des navettes achats réalisés en VP estimés au lieu d'émission ($DomiHaVPnavOri_{zo}$, cette variable a été déterminée par FRETURB au point 2.1.2. ci-dessus),

> *« L'étude comparative de la mobilité d'achat dans les agglomérations de Bordeaux, Dijon, Lyon et Marseille, a notamment mis en évidence que les particuliers favorisaient la fréquentation des commerces situés dans leur secteur de résidence par rapport à ceux localisés dans les autres secteurs de l'agglomération. Un tel comportement, valable en général, est encore bien plus marqué lorsque l'achat constitue l'unique motif de sortie du domicile. Aussi, nous considérons que les achats effectués dans les commerces d'une zone donnée lors d'un simple aller-retour en voiture depuis le domicile sont d'autant plus nombreux que les habitants de la zone génèrent un nombre important de navettes simples liées aux achats et réalisés en voiture. »*

Ibidem, p. 39.

- Le nombre de commerces de grandes ou très grandes surface situés dans la zone de destination (NbEtGSTGS, calculé par FRETURB)

> *« La répartition des boucles simples liées aux achats selon les deux principaux modes de transport (marche à pied et voiture) révèle des comportements différenciés concernant le type de commerce fréquenté. Ainsi, un achat réalisé lors d'une navette simple en voiture est dans la majorité des cas effectué dans une surface de vente d'au moins 400 m² (supermarché, hypermarché, grande surface spécialisée, etc.). A contrario, le recours à la marche à pied est le plus souvent synonyme d'achats dans de petits établissements commerciaux. Toutes choses égales par ailleurs, nous considérons donc que la probabilité qu'une zone attire des navettes simples liées aux achats et effectués en voiture est d'autant plus importante que les commerces de plus de 400 m² y sont nombreux. »*

Ibidem, p. 39.

L'équation obtenue est :

$$DomiHaVPnavDest_{zd} = k + e_1 * DomiHaVPnavOri_{zo} + e_2 * NbEtGSTGS_{zd}$$

DomiHaVPnavDest est calculé par l'utilisateur à partir du fichier EMD, sur les flux internes à l'agglomération. Il comprend les déplacements réalisés en VP à destination de *d* et dont le motif à l'origine est le domicile tandis que le motif à la destination est l'achat. Ces déplacements doivent être compris dans une navette achats telle qu'elle a été décrite ci-dessus.

2.3. La correction des marges de la matrice Origine / Destination

Après avoir appliqué les fonctions précédentes de manière à connaître les émissions et les attractions de chacune des zones, il est nécessaire de corriger les marges de ces matrices de telle sorte que les émissions soient égales aux attractions. Emissions comme Attractions étant déterminées par la somme des flux d'achat et des trajets amont des navettes achat, il convient de faire en sorte que les navettes achats calculées au lieu d'origine (i.e. émises) soient globalement égales aux navettes achats calculées au lieu de destination (i.e. attirées). De même il est nécessaire que les flux achats calculés au lieu d'émission soient globalement identiques aux flux achats calculés au lieu d'attraction.

Pour réaliser cette mise en adéquation, Erwan Ségalou recommande d'utiliser la méthode suivante :

> *« Classiquement, on considère que c'est le modèle d'émission (estimé traditionnellement sur la base de données relatives à la population de la zone) qui donne la meilleure estimation du nombre total de flux. Cette logique correspond très bien à celle mise en œuvre pour l'estimation des trajets amont des navettes achat (déplacement domicile – achat) réalisés en voiture. Dans ce cas précis, nous appliquons donc uniformément aux marges relatives à l'attraction (destination) un coefficient correcteur γ, rapport du nombre de déplacements émis sur le nombre de déplacements attirés »*

Ibidem, p. 40.

Ainsi :

$$\gamma = \frac{\sum_{zo} \text{DomiHaVPnavOri}_{zo}}{\sum_{zd} \text{DomiHaVPnavDest}_{zd}}$$

En appliquant γ aux navettes achat attirées pour chacune des zones, on obtiendra un total de navettes attirées identique au total des navettes émises.

Une harmonisation similaire doit être pratiquée sur les flux d'achats. Comme ceux-ci ont été estimés à partir de l'offre commerciale pour ce qui est de l'émission, et à partir de la population pour ce qui est de l'attraction, on recommande :

> *« A l'inverse, pour les autres déplacements, nous expliquons l'émission sur la base des caractéristiques de l'offre commerciale et non de celles de la population. Dans ce cas, c'est donc le modèle d'attraction qui donne la meilleure estimation globale des flux. Par conséquent, pour les déplacements d'achat émis au niveau de l'appareil commercial, nous appliquons uniformément aux marges relatives à l'émission (origine) un coefficient correcteur δ, rapport du nombre de déplacements attirés sur le nombre de déplacements émis. »*

Ibidem, p. 40.

$$\delta = \frac{\sum_{zd} \text{HAoriVPtsmotifs}_{zd}}{\sum_{zo} \text{HAORIVP}_{zo}}$$

En appliquant δ aux flux d'achats émis pour chacune des zones, on obtiendra un total de flux d'achats émis identique au total des flux attirés.

Ainsi, dans la mesure où chacune des deux composantes des déplacements d'achats a été égalisée entre les émissions et les attractions, on obtient bien au final :

Origines (ou Emissions) = Destinations (ou Attractions)

Avec :

$$\textit{Origines} = \boldsymbol{O_{zo}} = \sum_{zo} (\delta * \text{HAORIVP}_{zo} + \text{DomiHaVPnavOri}_{zo})$$

$$\textit{Destinations} = \boldsymbol{D_{zd}} = \sum_{zd} (\text{HAoriVPtsmotifs}_{zd} + \gamma * \text{DomiHaVPnavDest}_{zd})$$

II. Le calcul d'une distribution des déplacements automobiles pour les achats réalisés par les ménages

Une fois les marges de la matrice Origine / Destination établies, on peut procéder à l'estimation de cette matrice indiquant pour chaque couple de zones, les flux d'achats et leurs trajets amont (lorsqu'il s'agit de navettes) des ménages. Cette matrice est estimée par la fonction suivante :

$$T_{zozd} = k * O_{zo} * D_{zd} * f(d_{zozd})$$

Cette équation est construite à partir des variables Origines (O_{zo}) et Destinations (D_{zd}) calculées précédemment, ainsi que d'une fonction d'impédance décroissante. Elle indique le rôle joué par la distance comprise entre les zones (d_{zozd}) comme frein aux échanges. En effet, plus la distance entre deux zones sera élevée, et moins les échanges seront nombreux, toutes choses égales par ailleurs.

Cette fonction est de la forme :

$$\exp^{(-\alpha d_{zozd})}$$

> *« L'élément de base retenu pour estimer l'éloignement entre deux zones (d_{zozd}) est le temps de parcours moyen en voiture. Une telle information peut être obtenue à partir d'une distance-temps estimée sur un réseau par un modèle d'affectation (Davis, Opéra). L'estimation de ce modèle se fait très simplement par passage au logarithme de la spécification décrite ci-dessus. La détermination des coefficients se fait alors par la méthode des moindres carrés ordinaires. »*
>
> Ibidem, p. 42.

La régression sera donc calculée à partir des logarithmes. En l'absence d'indications précises fournies par le rapport cité, plusieurs formes sont envisagées pour cette régression :

- Soit, elle se présente ainsi :

$$Ln(T_{zozd}) = constante + \beta * ln(O_{zo}) + \chi * ln(D_{zd}) - \alpha (d_{zozd})$$

Ce qui permettra d'obtenir après le calcul des paramètres issus la régression, une fonction de type :

$$T_{zozd} = k * O_{zo}^{\beta} * D_{zd}^{\chi} * \exp^{(-\alpha d_{zozd})}$$

Où :

- $k = \exp^{(constante)}$
- β = valeur du premier coefficient de la régression
- χ = valeur du deuxième coefficient de la régression
- α = valeur du troisième coefficient de la régression

- Soit, elle se présente ainsi :

$$Ln(T_{zozd}) - (ln(O_{zo}) + ln(D_{zd})) = constante - \alpha (d_{zozd})$$

Elle se calcule comme une régression linéaire simple et donne après transformation une fonction de type :

$$\frac{T_{zozd}}{O_{zo} * D_{zd}} = k * \exp^{(-\alpha d_{zozd})}$$

$$T_{zozd} = k * O_{zo} * D_{zd} * \exp^{(-\alpha d_{zozd})}$$

Où :

- $k = \exp^{(constante)}$
- α = valeur du coefficient de la régression

III. L'application du module Achats à l'agglomération dijonnaise

Nous avons appliqué ce modèle à l'EMD de Dijon réalisée en 1997. Pour faire fonctionner FRETURB, nous avons utilisé des fichiers SIRENE datant de 1995, soit une date proche de celle de l'EMD. Les résultats obtenus, calculés sur les 25 zones de notre découpage, sont détaillés ci-dessous.

Figure II - 6 : Les 25 zones Enquête-Ménage de Dijon

1. La construction de la table Zones_Em à partir de l'EMD de Dijon

1.1. Les incertitudes quant au calcul des flux

En calculant à partir de l'enquête-ménage les variables à fournir à FRETURB et en les comparant avec ceux présentés par Erwan Ségalou dans ses travaux, on obtient des résultats sensiblement différents. Dans la table Déplacement, les calculs pratiqués sur la variable « poids du déplacement » ne fournissent pas les mêmes résultats que ceux qui ont été fournis par E. Ségalou. Les écarts sont exprimés dans le tableau suivant :

Tableau II - 1 : Les différences entre les résultats calculés à partir de l'EMD et ceux fournis par E. Ségalou

ZONE_EM	HA_ORI fourni par E. Ségalou	HA_ORI calculé sur l'EMD	Ecart
1	19826	19003	0,96
2	2207	2115	0,96
3	1862	1785	0,96
4	1366	1309	0,96
5	1706	1635	0,96
6	2117	2071	0,98
7	2042	1842	0,90
8	1926	1879	0,98
9	1192	1163	0,98
10	2496	2483	0,99
11	912	907	0,99
12	2006	1998	1,00
13	1755	1749	1,00
14	1993	1979	0,99
15	5904	5298	0,90
16	1630	1447	0,89
17	9706	8794	0,91
18	1467	1360	0,93
19	295	272	0,92
20	1689	1533	0,91
21	7313	6822	0,93
23	1564	1492	0,95
24	1844	1827	0,99
25	541	508	0,94
26	3684	3609	0,98
	79043	**74879**	

Les valeurs calculées sont systématiquement inférieures à celles fournies. Même en reventilant les flux dont les zones d'origine ne sont pas informées, nos résultats totaux restent inférieurs alors que de zone à zone les écarts ne sont plus systématiquement dans le même sens. Malgré les recherches menées pour comprendre les raisons de ces différences, elles demeurent inexpliquées.

1.2. Le calcul des navettes

Le calcul des navettes se fait par étapes :

- En premier lieu, tous les déplacements dont le motif à l'origine est Achat sont identifiés et signalés par une variable booléenne passée à « Vrai ».
- Ensuite nous isolons parmi ces déplacements ceux dont le motif à la destination est le Domicile.
- En troisième lieu, les déplacements Achat -> Achat sont repérés.
- Enfin, tous les déplacements Domicile -> Achat sont répertoriés.

A partir de ces informations, les déplacements consécutifs comportant une chaîne :

Domicile – Achats 1 – Achats 2 – Achats n - Domicile

sont identifiés par le logiciel. Avec ce calcul on constate que les navettes multiples représentent 11% du nombre total de navettes, et 1,3% du nombre total de déplacements. E. Ségalou avait choisi de ne pas prendre en compte ces navettes multiples :

« De telles navettes, notamment lorsqu'elles sont réalisées en voiture, sont relativement marginales. Aussi, pour des raisons de simplicité, nous ne prenons en compte ici que les navettes simples ».
Ibidem, p. 36.

Dans la mesure où le programme permet d'identifier facilement les navettes, qu'elles soient simples ou multiples, nous les conservons toutes dans l'analyse.

2. La programmation du module Achats de FRETURB

Avec l'introduction des nouveaux traitements, le module Achat de FRETURB est beaucoup plus complexe. C'est pourquoi, il convient d'en simplifier la version précédente de manière à pouvoir ajouter les nouveaux calculs tout en préservant la lisibilité du fonctionnement de ce module.

Toutes les requêtes du module sont supprimées et remplacées par des procédures, ce qui permet de gagner en simplicité et en rapidité d'exécution.

Les procédures créées sont les suivantes :

- calcEmpTot : procédure qui calcule l'emploi total par zone (zone Enquête-Ménages (EM) ou zone TMV) et selon le type de commerce (Grande Surface : GS ou Très Grande Surface :TGS),
- calcNbetabCom : procédure qui calcule le nombre d'établissements commerciaux, GS ou TGS selon la zone TMV ou EM.
- LogDistance : procédure qui convertit la distance de la zone au centre de l'agglomération (DISTZONECENTRE) en son logarithme. Ces calculs sont opérés sur les zones EM et TMV.
- PrésenceTGS : procédure qui identifie la présence ou l'absence de TGS dans la zone, selon le type de zone.
- CalcDensActi : Procédure qui calcule la densité d'établissements selon la zone EM ou TMV.

Le module Achats de l'application de simulation est lui aussi modifié en conséquence.

3. L'estimation des marges de la matrice OD

A partir des variables contenues dans les tables `tblHA_Zones_EM` et `tblHA_Zones_TMV`, le fichier `Regression.xls` est modifié de sorte qu'il réalise les traitements nécessaires au nouveau module Achats. Ces modifications concernent la préparation du fichier (création des feuilles de calcul utilisées par les régressions, programmation des différentes régressions, constitution de la matrice OD).

3.1. L'émission

3.1.1. L'émission par les lieux d'achats des flux d'achat réalisés en VP

a) Emission par les lieux d'achats des flux d'achat tous modes

$$HAORI_{zo} = 0{,}0502 * Population_{zo} + 6{,}9564 * EmploiGS_{zo} + 6{,}3135 * EmploiTGS_{zo} + 18{,}5034 * NbAutrEtab_{zo}$$

Le R², d'une valeur de **0,9282** est très satisfaisant. Ainsi, les écarts rencontrés avec les valeurs fournies par E. Ségalou sur le calcul de HAORI n'a vraisemblablement pas posé de problèmes.

b) Part de la VP dans ces déplacements d'achat émis par les commerces

$$PART\_HAVP_{zo} = -1{,}0613 + 0{,}4031 * TxMotor_{zo} + 0{,}1269 * \log(DistZoneCentre_{zo}) + 0{,}1632 * ET\_TGS_{zo}$$

Le R² est de **0,7977**.

c) Flux d'achats réalisés en VP

$$HAORIVP_{zo} = HAORI_{zo} * PART\_HAVP_{zo}$$

3.1.2. L'émission des trajets amonts des navettes achats réalisés en VP

La fonction estimée est la suivante :

$$DomiHaVPnavOri_{zo} = 0{,}0371*Population_{zo} + 217{,}4190* TxMotor_{zo}$$

La qualité de la régression obtenue est toutefois assez mauvaise puisque le R^2 s'élève seulement à **0,3214**. A la différence de ce qui est proposé par E. Ségalou, si l'on intègre une constante dans cette régression on améliore nettement le résultat, même si le R^2 reste très modeste :

$$DomiHaVPnavOri_{zo} = -880{,}5016 + 0{,}0631*Population_{zo} + 748{,}0529* TxMotor_{zo}$$

R^2 = **0,5219**

3.2. L'attraction

3.2.1. L'attraction des flux d'achat réalisés en VP

La relation est la suivante :

$$HAoriVPtsmotifs_{zd} = 38{,}9382 + 0{,}1370*Population_{zd} - 0{,}3038* DENSACTI_{zd}$$

Le R^2 est de **0,6120**.

3.2.2. L'attraction des trajets amonts des navettes achats réalisés en VP

L'équation obtenue en utilisant $DomiHaVPnavOri_{zo}$ calculé sans la constante, est :

$$DomiHaVPnavDest_{zd} = -795{,}4387 + 1{,}4416* DomiHaVPnavOri_{zo} + 199{,}2599* NbEtGSTGS_{zd}$$

Le R^2 est de **0,8703**.

Si au contraire on détermine cette équation en utilisant $DomiHaVPnavOri_{zo}$ calculé avec une constante, on obtient :

$$DomiHaVPnavDest_{zd} = -394{,}3425 + 0{,}7877* DomiHaVPnavOri_{zo} + 200{,}1446* NbEtGSTGS_{zd}$$

Le R^2 est de **0,8707**. Il est comparable à celui obtenu lorsque l'on applique l'autre option, en revanche le gain apporté par l'ajout d'une constante à la fonction $DomiHaVPnavOri_{zo}$ est tel qu'il nous semble pertinent de conserver cette dernière équation.

Il est à noter que plusieurs zones ont présenté des flux DomiHaVPnavDest faibles. Nous avons donc retiré les 5 zones dont les déplacements étaient inférieurs à 50 pour calculer la régression. Cela modifie un peu le résultat :

$$DomiHaVPnavDest_{zd} = -398{,}5240 + 0{,}7992* DomiHaVPnavOri_{zo} + 198{,}2224* NbEtGSTGS_{zd}$$

Le R^2 est de **0,8691**.

L'application de cette formule occasionne des valeurs négatives, en particulier dans les zones n'ayant pas d'offre commerciale de type GS ou TGS. Ces valeurs négatives ont été portées à 0, ce qui fait que le modèle risque de légèrement surestimer les flux.

A l'issue de ces calculs, les matrices d'émissions et d'attractions de déplacements d'achats et trajets amont des navettes se présentent ainsi :

Tableau II - 2 : La décomposition des émissions de flux achats à Dijon

ZoneEM	HA_ORI	PartVP	HAORIVP	DomiHaVPnavOri
1	18863,28	0,17	3380,99	552,24
2	1316,64	0,11	145,99	206,34
3	2654,23	0,17	457,71	198,03
4	2709,57	0,21	582,62	466,58
5	1291,55	0,30	396,86	444,71
6	1848,22	0,30	559,69	837,14
7	2560,21	0,29	747,47	767,91
8	1298,92	0,25	334,66	268,09
9	1635,89	0,36	591,57	385,37
10	2089,50	0,33	707,11	383,72
11	1364,33	0,34	467,43	595,43
12	1440,23	0,41	590,96	494,72
13	1664,24	0,49	826,40	886,83
14	1679,69	0,38	653,18	555,69
15	5976,81	0,63	3821,98	979,17
16	1119,33	0,60	679,06	546,49
17	8756,69	0,70	6216,33	706,00
18	1360,24	0,67	921,96	839,19
19	506,57	0,71	362,17	586,52
20	1593,26	0,50	804,14	631,68
21	6166,88	0,59	3663,43	1069,72
23	1150,98	0,48	555,82	437,80
24	1270,29	0,53	685,10	563,24
25	1239,27	0,66	822,30	567,53
26	3264,40	0,66	2179,06	721,77
Total			**31154,10**	**14692,07**

Tableau II - 3 : La décomposition des attractions de flux achats à Dijon

ZoneEM	HAoriVPtsmotifsZd	DomiHaVPnavDest
1	1298,95	1441,68
2	482,06	0,00
3	589,49	0,00
4	1303,51	173,34
5	1016,05	0,00
6	1942,09	265,09
7	1805,24	410,70
8	1200,73	16,98
9	1111,79	109,37
10	1316,80	308,22
11	1403,21	74,69
12	1060,11	0,00
13	1691,40	704,52
14	1541,97	243,53
15	2002,27	1377,69
16	765,79	436,43
17	1401,88	4364,83
18	1387,77	466,85
19	594,04	267,82
20	1234,55	503,54
21	2476,79	2249,59
23	719,53	350,81
24	1025,92	449,63
25	726,63	653,15
26	1283,24	974,79
Total	**31381,82**	**15843,23**

4. La correction des marges de la matrice

Le calcul des coefficients de correction des marges fournit le résultat suivant :

$$\gamma = \mathbf{1,0073}$$

$$\delta = \mathbf{0,9273}$$

Les marges de la matrice sont donc les suivantes :

Tableau II - 4 : Les marges de la matrice Origine / Destination à Dijon

ZoneEM	HA_ORI	PartVP	HAORIVP	DomiHaVPnavOri	Origines	HAoriVPtsmotifsZd	DomiHaVPnavDest	Destinations
1	18863,29	0,18	3381,00	552,25	**3957,96**	1298,95	1441,68	**2635,89**
2	1316,64	0,11	146,00	206,34	**353,41**	482,05	0,00	**482,06**
3	2654,24	0,17	457,72	198,04	**659,10**	589,48	0,00	**589,49**
4	2709,58	0,22	582,62	466,59	**1053,47**	1303,50	173,34	**1464,25**
5	1291,55	0,31	396,86	444,72	**844,48**	1016,05	0,00	**1016,05**
6	1848,22	0,30	559,70	837,15	**1400,93**	1942,08	265,09	**2187,92**
7	2560,21	0,29	747,47	767,92	**1520,85**	1805,24	410,70	**2186,10**
8	1298,92	0,26	334,66	268,09	**605,20**	1200,73	16,98	**1216,48**
9	1635,90	0,36	591,58	385,37	**981,27**	1111,78	109,37	**1213,21**
10	2089,50	0,34	707,11	383,73	**1096,01**	1316,80	308,22	**1602,63**
11	1364,33	0,34	467,43	595,44	**1066,29**	1403,21	74,69	**1472,48**
12	1440,23	0,41	590,96	494,73	**1090,01**	1060,10	0,00	**1060,11**
13	1664,24	0,50	826,41	886,83	**1719,28**	1691,39	704,52	**2344,72**
14	1679,69	0,39	653,18	555,69	**1213,65**	1541,96	243,53	**1767,80**
15	5976,82	0,64	3821,98	979,18	**4829,09**	2002,27	1377,69	**3279,86**
16	1119,34	0,61	679,07	546,50	**1230,52**	765,79	436,43	**1170,51**
17	8756,69	0,71	6216,34	706,01	**6967,78**	1401,88	4364,83	**5449,56**
18	1360,24	0,68	921,96	839,20	**1767,90**	1387,76	466,85	**1820,69**
19	506,58	0,71	362,17	586,53	**951,35**	594,03	267,82	**842,40**
20	1593,26	0,50	804,14	631,69	**1441,71**	1234,55	503,54	**1701,50**
21	6166,88	0,59	3663,44	1069,72	**4759,94**	2476,78	2249,59	**4562,93**
23	1150,98	0,48	555,82	437,81	**997,69**	719,53	350,81	**1044,85**
24	1270,29	0,54	685,11	563,25	**1253,36**	1025,91	449,63	**1442,87**
25	1239,27	0,66	822,31	567,54	**1395,85**	726,63	653,15	**1332,32**
26	3264,40	0,67	2179,07	721,77	**2916,77**	1283,23	974,79	**2187,20**
Total	**74821,29**		**31154,11**	**14692,09**	***46073,87***	**31381,68**	**15843,25**	***46073,88***

5. Le calcul du distancier

Pour poursuivre les calculs du module Achats, il est nécessaire de disposer d'une matrice indiquant les distances-temps Origine / Destination de zone à zone.

5.1. Le calcul de la distance temps à partir d'un Système d'Information Géographique

En l'absence d'un modèle d'affectation de trafic cette matrice a dans un premier temps été construite à partir du réseau Dijonais retranscrit dans le SIG Géoconcept utilisé au Laboratoire d'Economie des Transports. Cependant, les durées calculées par ce logiciel apparaissent largement sous-estimées comme le montre le tableau suivant :

Tableau II - 5 : Le distancier construit par Géoconcept et exprimé en minutes de déplacements

D > O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	23	24	25	26
1		2	2	1	2	2	3	4	3	5	3	4	6	9	5	6	7	11	10	6	5	4	8	9	4
2	2		2	3	2	1	2	3	4	6	4	5	6	9	5	6	9	12	11	7	5	3	7	8	3
3	2	2		2	4	3	2	2	3	5	3	6	7	10	4	5	7	11	10	6	6	5	8	10	5
4	1	3	2		2	4	3	3	2	4	2	4	6	10	5	6	7	11	9	5	5	6	9	11	6
5	2	2	3	2		3	4	5	4	6	3	3	4	8	6	8	9	12	10	6	4	4	7	9	5
6	3	1	3	4	2		3	5	5	7	4	5	6	8	6	7	10	13	12	8	6	2	6	7	3
7	3	2	2	3	4	3		2	4	6	5	6	7	10	3	5	9	12	11	7	7	5	8	9	3
8	4	3	2	3	5	5	2		2	5	5	7	9	12	3	4	7	10	10	8	8	7	9	11	5
9	3	4	3	2	4	5	4	2		3	4	6	8	12	5	5	5	9	9	6	7	7	10	12	7
10	5	6	5	4	6	7	6	5	3		5	7	9	13	7	5	5	8	5	4	8	9	12	14	9
11	3	4	4	2	3	5	5	5	4	5		4	6	10	7	8	9	12	10	5	4	6	9	12	7
12	4	4	6	4	3	4	6	7	6	7	4		4	9	9	10	11	14	12	7	3	5	8	10	7
13	6	5	7	6	4	5	7	8	8	9	6	4		10	10	11	12	16	14	10	5	6	9	11	8
14	5	5	6	6	4	4	7	8	8	9	6	4	5		9	11	12	16	14	10	6	5	8	10	7
15	5	4	4	5	6	6	3	3	5	8	7	9	10	12		6	10	13	13	9	10	7	9	11	4
16	6	6	5	6	8	8	5	4	5	7	8	10	11	14	6		5	9	11	10	11	9	13	14	8
17	7	9	7	7	9	10	8	7	5	6	9	11	12	16	10	5		5	8	9	12	12	15	17	11
18	11	12	11	10	12	13	12	11	9	9	12	14	16	20	13	9	5		8	12	15	15	19	20	15
19	10	11	10	9	10	12	11	10	8	5	10	12	14	18	13	11	8	8		8	13	14	17	19	14
20	6	7	6	5	6	8	7	8	6	4	5	7	10	14	9	9	9	12	8		7	10	13	15	10
21	5	5	7	5	4	6	7	8	7	8	4	3	5	11	10	11	12	15	13	7		7	10	12	8
23	5	3	5	6	4	2	5	7	7	9	6	6	7	7	7	9	12	15	14	10	8		5	6	4
24	8	7	8	9	7	6	8	9	10	12	9	8	9	4	9	13	15	19	17	13	10	5		4	6
25	9	8	10	11	9	7	9	11	12	14	11	11	12	10	11	14	17	20	19	15	13	6	4		7
26	5	3	4	6	4	3	3	5	7	9	6	7	8	8	4	8	11	15	14	10	8	4	6	7	

Ces temps de parcours, calculés sur la base d'une vitesse moyenne de 50 km/heure, sont étonnamment courts. Ceci laisse présumer qu'ils n'incluent probablement pas les temps d'arrêts. En outre, le problème de cet outil est qu'il ne permet pas de calculer le temps de déplacement au sein d'une même zone (la diagonale de la matrice est vide).

5.2. Le calcul de la distance temps à partir de l'enquête ménages

Pour pallier ces inconvénients, nous avons tenté de calculer ces temps de déplacement à partir des heures de départ et d'arrivée indiquées dans l'enquête Ménages- Déplacements. Seuls les déplacements VP de zone à zone ont été pris en considération, tous motifs de déplacements confondus afin d'obtenir des effectifs suffisants pour être représentatifs.

Tableau II - 6 : Le distancier issu de l'EMD exprimé en minutes de déplacements

D > ⌄ O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	23	24	25	26
1	13	14	14	12	15	17	15	16	16	23	11	14	18	16	12	14	18	23	18	17	20	17	21	17	16
2	17	10	10	20	14	10	15	13	17	32	16	10	17	10	18	17	26	21	28	17	18	11	16	15	12
3	17	13	9	13	16	15	12	13	7	13	11	16	13	21	15	13	15	25	21	21	22	13	17	50	22
4	10	13	13	21	13	19	19	13	13	13	10	14	12	43	15	18	15	21	14	13	17	16	23	16	15
5	13	5	37	9	6	17	21	18	19	15	14	9	12	9	19	21	28	27	18	24	15	18	20	16	15
6	14	8	9	19	16	14	12	16	18	17	15	16	27	31	11	16	21	23	**120**	24	16	11	15	15	22
7	15	12	13	16	16	10	9	11	19	21	18	19	14	18	12	13	21	21	15	17	21	13	10	16	8
8	15	12	14	13	20	21	9	6	8	15	11	18	10	15	8	7	23	10	12	16	17	16	20	16	13
9	11	19	9	11	17	15	30	11	8	9	10	15	25	22	13	12	11	19	25	37	19	17	18	***28***	19
10	18	18	29	13	17	21	21	11	10	10	15	14	18	15	17	9	18	13	14	11	27	19	30	21	22
11	14	18	14	10	11	14	18	10	7	11	6	11	16	21	25	14	16	23	20	10	21	15	15	21	18
12	17	17	15	15	6	18	39	23	17	11	14	11	9	10	19	20	29	***40***	30	13	23	16	21	19	17
13	15	14	19	18	9	14	20	5	23	13	17	8	6	6	15	19	26	***23***	***15***	16	15	12	21	15	14
14	15	25	30	18	9	19	14	15	22	20	21	15	7	7	14	23	36	***20***	-	20	32	-	10	30	14
15	12	13	18	29	23	10	12	10	12	13	23	17	21	13	9	18	17	15	53	18	17	14	16	12	14
16	16	17	11	20	17	14	14	9	8	13	14	25	16	28	16	7	12	15	14	17	13	18	27	26	19
17	20	24	15	14	26	24	13	22	11	16	16	27	21	30	17	18	6	11	9	14	22	30	19	19	22
18	34	22	15	15	25	23	40	13	21	12	24	40	23	20	15	13	9	7	10	16	25	-	***60***	39	18
19	21	20	41	13	19	**120**	15	18	17	14	***20***	15	15	-	16	14	9	10	5	12	15	20	-	-	-
20	20	18	21	15	17	22	20	21	17	11	15	13	10	38	18	22	17	14	13	10	13	21	26	23	18
21	18	22	20	19	12	19	20	23	23	18	14	13	17	45	22	18	23	23	13	13	9	20	15	16	19
23	15	11	27	10	14	12	15	15	13	13	10	13	14	-	14	25	***60***	-	20	22	18	10	7	12	8
24	21	14	16	30	18	13	18	17	19	30	19	18	11	10	17	16	22	***60***	-	22	17	5	7	12	9
25	17	11	47	18	19	16	11	15	28	21	24	68	15	30	12	29	17	23	-	23	14	10	9	15	8
26	16	17	26	18	18	12	8	14	16	21	17	21	19	18	10	16	19	24	-	16	19	9	9	9	6

L'intérêt d'utiliser l'EMD pour calculer les distances de déplacement, est qu'elle fournit les distances de déplacement internes aux zones. De plus, les durées calculées ici semblent plus réalistes que celles fournies par Géoconcept. Cependant, des valeurs surprenantes persistent : 120 minutes entre les zones 6 et 19, ce qui semble excessivement long pour une agglomération de la taille de Dijon. Elles résultent d'un nombre d'observations insuffisant pour permettre de calculer une durée moyenne fiable. En conséquence, nous décidons de bloquer les valeurs à 60 minutes, considérant comme non-représentatives les valeurs supérieures à ce seuil. Il est aussi possible que certains trajets ne soient pas représentés car n'ayant pas donné lieu à enquête. Ainsi, aucun flux VP n'est indiqué entre les zones 12 et 18. Une partie des valeurs manquantes peut néanmoins être recalculée en posant comme hypothèse que le temps de trajet de la zone i à la zone j est identique au temps de trajet de j à i. En remplaçant les valeurs manquantes sur la base de cette hypothèse (chiffres en gras et italique) il ne reste plus que quelques paires de durée inconnue : (14 ;19), (14 ;23), (18 ;23), (19 ;24), (19 ;25), (19 ;26). Pour ces cas isolés, une valeur, déterminée en observant les temps de déplacements calculés sur des zones proches de l'origine ou de la destination est affectée.

L'inconvénient d'utiliser ces durées de déplacements Enquête Ménages est que le temps indiqué n'est pas consacré uniquement à se déplacer. Comme l'indique Caroline Gallez[15] p. 36, il s'agit en effet de temps en porte à porte qui intègre à la fois les temps d'arrêt ou de correspondance. Enfin, dans la mesure où ce temps est déclaré par la personne enquêtée, on a tendance a obtenir des durées multiples de 5 minutes, ce qui limite la précision de l'analyse.

15. Caroline GALLEZ, *Indicateurs d'évaluation de scénarios d'évolution de la mobilité urbaine*, Rapport de convention DTT – INRETS n°690-9919-D33, juillet 2000, 120 p. + annexes.

5.3. L'utilisation d'un distancier fondé sur la distance exprimée km

Pour pallier ces limites, il est possible de lever la contrainte posée sur l'usage des distances-temps en leur substituant des distances physiques. En effet, le problème posé par l'utilisation du distancier calculé en durée de déplacement est que les durées inter-zones ne sont pas toujours identifiables dans la mesure ou certaines relations n'ont pas été enquêtées dans les EMD. Ce problème des paires non recensées par l'enquête-ménages, déjà soulevé pour une dizaine de couples à l'échelle du zonage de l'EMD, sera encore plus aigu lorsqu'il s'agira de calculer le distancier sur les zones TMV puisque ces zones sont de taille plus réduite. Or l'utilité du calcul du distancier sur les zones EM est de permettre, via une régression linéaire, de produire une fonction indiquant les volumes d'échanges d'une zone à l'autre compte tenu notamment de la distance séparant les zones. Cette fonction calée sur le découpage EM sera ensuite appliquée au découpage TMV.

Cette méthode ne fournit toutefois pas les distances intrazones. Plusieurs techniques permettent de les estimer. L'INRETS[16] en propose deux :

- $Dz_o = \frac{1}{2}\sqrt{\text{Superficie de la zone } z_o}$
- $Dz_o = \frac{1}{2} * \frac{\sum_{i=1}^{3} Dz_o z_i}{3}$

Le CETE privilégie une troisième formule :

$$Dz_o = \sqrt[3]{Dz_1 * Dz_2 * Dz_3}$$

Avec Dz_1, Dz_2, Dz_3 = distance de la zone aux trois zones les plus proches.

Ces indicateurs ne sont pas plus fiables les uns que les autres comme l'indique l'INRETS :

> *« En tout état de cause, quelle que soit la solution retenue, il ne s'agit que d'estimateurs imparfaits, d'autant moins précis que le découpage zonal, souvent irrégulier, comporte des zones de grande taille ».*

Ibidem, p. 29.

En cohérence avec la version 1 de FRETURB, qui demandait à l'utilisateur d'indiquer la distance de chacune des zones retenues avec la zone centre, et qui soulevait le problème de l'estimation de la distance intra-zone pour la zone centrale, nous retenons la première de ces formules, c'est-à-dire l'approximation fondée sur la surface de la zone.

16. Caroline GALLEZ, Laurent HIVER, *BEED : mode d'emploi. Synthèse méthodologique pour les études budget – énergie – environnement des déplacements*, Rapport de convention ADEME – INRETS, septembre 1998, 85 p.

6. Le calcul de la distribution des déplacements VP réalisés pour l'achat, d'une zone à l'autre

En appliquant les formules présentées plus haut on obtient les résultats suivants :

6.1. Avec la formule du type : $T_{zozd} = k * O_{zo}^{\beta} * D_{zd}^{\chi} * \exp^{(-\alpha d_{zozd})}$

Tableau II - 7 : Les coefficients obtenus avec la formule de type 1

Cas d'une régression calculée sur les distances km	Cas d'une régression calculée sur les distances temps
• K = $\exp^{(-5,6447)}$ soit 0,00353 • β = 0,6874 • χ = 0,7862 • α = - 0,1780 Le R² est très faible : 0,4155	• K = $\exp^{(-3,2589)}$ soit 0,0384 • β = 0,53 • χ = 0,6074 • α = - 0,0451 Le R² est encore plus faible : 0,2888

6.2. Avec la formule du type : $T_{zozd} = k * O_{zo} * D_{zd} * \exp^{(-\alpha d_{zozd})}$

Tableau II - 8 : Les coefficients obtenus avec la formule de type 2

Cas d'une régression calculée sur les distances km	Cas d'une régression calculée sur les distances temps
• K = $\exp^{(-9,4286)}$ soit 0,00008 • α = - 0,2162 Le R² est plus faible qu'avec la formule précédente : 0,3913	• K = $\exp^{(-9,5412)}$ soit 0,00007 • α = - 0,0589 Le R² est encore plus faible : 0,1696

6.3. Avec une formule gravitaire classique : $T_{zozd} = k * O_{zo}^{\beta} * D_{zd}^{\chi} * d_{zozd}^{-\alpha}$

Tableau II - 9 : Les coefficients obtenus avec la formule de type 3

Cas d'une régression calculée sur les distances km	Cas d'une régression calculée sur les distances temps
• K = $\exp^{(-5,4030)}$ soit 0,0045 • β = 0,6803 • χ = 0,7780 • α = - 0,7219 Le R² demeure très faible : 0,4127	• K = $\exp^{(-1,9923)}$ soit 0,1363 • β = 0,5682 • χ = 0,6390 • α = - 0,9357 Le R² reste faible : 0,3290

Quelle que soit la formulation envisagée, et le mode de calcul de la distance testé, les résultats sont trop faibles pour permettre de rendre compte, même approximativement, des flux échangés pour motif achats entre les zones de l'agglomération prises deux à deux. En effet, les marges d'erreurs sur les fonctions logarithmiques sont telles, qu'une fois passées en linéaires les écarts entre valeurs modélisées et valeurs observées explosent.

IV. Conclusion de la partie II et pistes de réflexion

Dans sa formulation actuelle, le module Achats produit des résultats trop éloignés de ce qui est observé à partir des enquêtes Ménages pour pouvoir être diffusé. S'il est possible à court terme d'y intégrer les avancées récentes obtenues sur FRETURB en matière de calcul d'itinéraire, il ne sera pas possible de faire l'impasse sur une remise à plat complète des hypothèses ayant servit à bâtir ce modèle, afin de débusquer les incohérences éventuelles qu'il comporte.

1. L'estimation d'un distancier construit à partir d'un modèle de calcul d'itinéraire

Comme le montrera la partie III, les nouveaux modules de distribution des flux et de calcul des émissions polluantes nécessitent d'identifier les itinéraires suivis par les véhicules pour se rendre d'une zone à l'autre de l'agglomération. Ces itinéraires seront modélisés par FRETURB et il sera dès lors possible d'en déduire les longueurs (en kilomètres ou en durées de déplacement), c'est-à-dire de construire un distancier. L'usage de ce distancier pour le module Achats n'a pas encore été testé car il nécessite des traitements particuliers :

- Tout d'abord les barycentre des zones Enquête-Ménages doivent être estimés à partir des barycentres connus des zones TMV.
- D'autre part, il sera nécessaire d'identifier les types de voies permettant de passer d'une zone Enquête-Ménages à l'autre, compte tenu de ce qui est connu sur les zones TMV.

Cependant, et sans faire preuve de pessimisme, compte tenu des médiocres résultats obtenus à partir des distanciers d'ores et déjà testés, et même si cette nouvelle matrice propose des distances temps relativement réalistes (si ce n'est de manière absolue, du moins quant à la hiérarchie des durées de déplacement entre les zones), il y a peu de chances que cela ne modifie suffisamment les résultats pour aboutir à des régressions satisfaisantes. Il est donc impératif de revoir totalement le modèle.

2. L'élaboration d'un nouveau module Achats

Les écarts indiqués et la faiblesse des R^2 calculés sur les fonctions d'Emission et d'Attraction, traduisent vraisemblablement une faille dans la conception actuelle du modèle. En particulier, on peut s'interroger sur la pertinence qu'il y a à traiter conjointement le poids de la population et celui de l'activité commerciale, sans dissocier les flux d'achats selon leur type.

Dans sa version actuelle, des zones de caractéristiques très différentes sont amalgamées par le logiciel ce qui pose question. Prenons l'exemple d'une zone périphérique faiblement peuplée mais concentrant les équipements commerciaux. Cette zone sera fortement émettrice de flux d'achats mais peu de trajets amont des navettes Achats. A l'opposé, une zone résidentielle peu équipée en commerces, émettra beaucoup de navettes et peu de flux achats. Au niveau de la génération, ces deux zones seront traitées sur le même plan car elles émettront des flux comparables. Or leurs caractéristiques concernant les flux générés sont si éloignées qu'il serait au contraire justifié de les traiter séparément. Ne serait-il pas judicieux d'introduire une distinction portant sur la fréquence de l'acte d'achat ? Les flux qui relèvent du quotidien comme acheter le pain ou les cigarettes sont vraisemblablement réalisés à proximité du domicile ou du lieu d'emploi. A l'inverse les courses hebdomadaires sont le plus souvent réalisées dans des grandes surfaces qui polarisent plusieurs communes. Quant aux achats plus rares, tels que l'équipement, ils sont pratiqués dans des magasins spécialisés, souvent regroupés dans un même secteur de l'agglomération, et peuvent être relativement éloignés du domicile de l'acheteur.

C’est dans cette direction que vont porter nos réflexions à l’avenir. Elles s’appuieront notamment sur les enquêtes réalisées par les CCI sur les aires de chalandise des commerces.

Partie III - La distribution zone à zone des flux de véhicules de livraison

La distribution des flux générés par chaque zone consiste à répartir ces flux d'une zone à l'autre. C'est un passage obligé si l'on souhaite ensuite affecter les flux dans l'espace ou sur un réseau, notamment pour alimenter les logiciels de trafic usuels.

Pour procéder à cette distribution, nous sommes partis du principe que le volume de flux qui s'échange entre deux zones dépend de plusieurs facteurs et en particulier :

- des caractéristiques de ces flux,
- de l'éloignement entre les deux zones d'échange,
- des caractéristiques des zones.

Le logiciel FRETURB propose depuis sa version 1, un module (module 3) qui indique pour chacune des zones d'une agglomération, les distances générées par ces zones au sein de l'agglomération. La procédure de distribution des flux a dès lors été soumise à une contrainte forte, celle de produire des flux Origne – Destination dont les longueurs soient cohérentes avec celles exprimées par le module 3 de FRETURB. Cette contrainte justifie que l'on ait conservé dans le module de distribution, la typologie des distances établie à l'occasion du module 3, typologie établie sur la base des caractéristiques des flux, à partir des résultats des enquêtes nationales Marchandises en Ville.

La procédure de distribution doit alors confronter les fonctions de distance ainsi établies aux distances de zones à zones. Cette comparaison suppose qu'un module de calcul d'itinéraire permettant la construction d'un distancier soit proposé par FRETURB. Enfin, sur la base de cette typologie des distances et de ce distancier, l'introduction des caractéristiques des zones (en termes d'opérations générées, et de répartition des différentes activités) permet de réaliser la distribution.

I. Rappel de la typologie en 25 groupes établie dans le module 3 de FRETURB

1. Les variables utilisées

Le critère le plus discriminant pour réaliser cette typologie a tout d'abord été le type d'opération : trace directe ou tournée, en distinguant parmi ces dernières les opérations principales des opérations ordinaires.

Figure III - 1 : Les différents types d'opérations

Une trace directe est un parcours constitué de deux opérations : un chargement et un déchargement. La tournée concerne quant à elle les parcours composés de plus de deux arrêts pour opération. Au sein de cette tournée on appelle Principales les opérations où le camion est complètement chargé (ou déchargé), les autres étant appelées Ordinaires. Il y a généralement deux principales par parcours et la distance qui les sépare de l'opération avec laquelle elles sont en relation, est plus grande que celle qui sépare deux

opérations ordinaires. Sur la figure ci-dessus, les principales sont représentées sous la forme d'un carré bleu, tandis que les ordinaires sont signalées par un cercle.

Les autres critères utilisés pour construire la typologie sont :

- le type de véhicule, selon trois catégories : moins de 3.5 tonnes, camion porteur ou véhicule articulé ;
- le mode de gestion de l'opération, en trois groupes : compte d'autrui, compte propre réalisé par l'expéditeur, compte propre réalisé par le destinataire ;
- pour les principales, on utilise aussi le type d'activité générateur de l'opération que l'on regroupe en deux classes :
  - les activités dites « de base » : agriculture, industrie, commerce de gros et transport,
  - les activités « d'appoint » : artisanat – service, grands magasins, petit commerce et tertiaire ;
- enfin pour les ordinaires, la densité d'opération de la zone génératrice est utilisée selon une séparation en 3 groupes (zones de densité inférieure à 1000 opérations par semaine et par km², zones de densité comprise entre 1000 et 5000 opérations par semaine et par km², zones de densité supérieure ou égale à 5000 opérations par semaine et par km²).

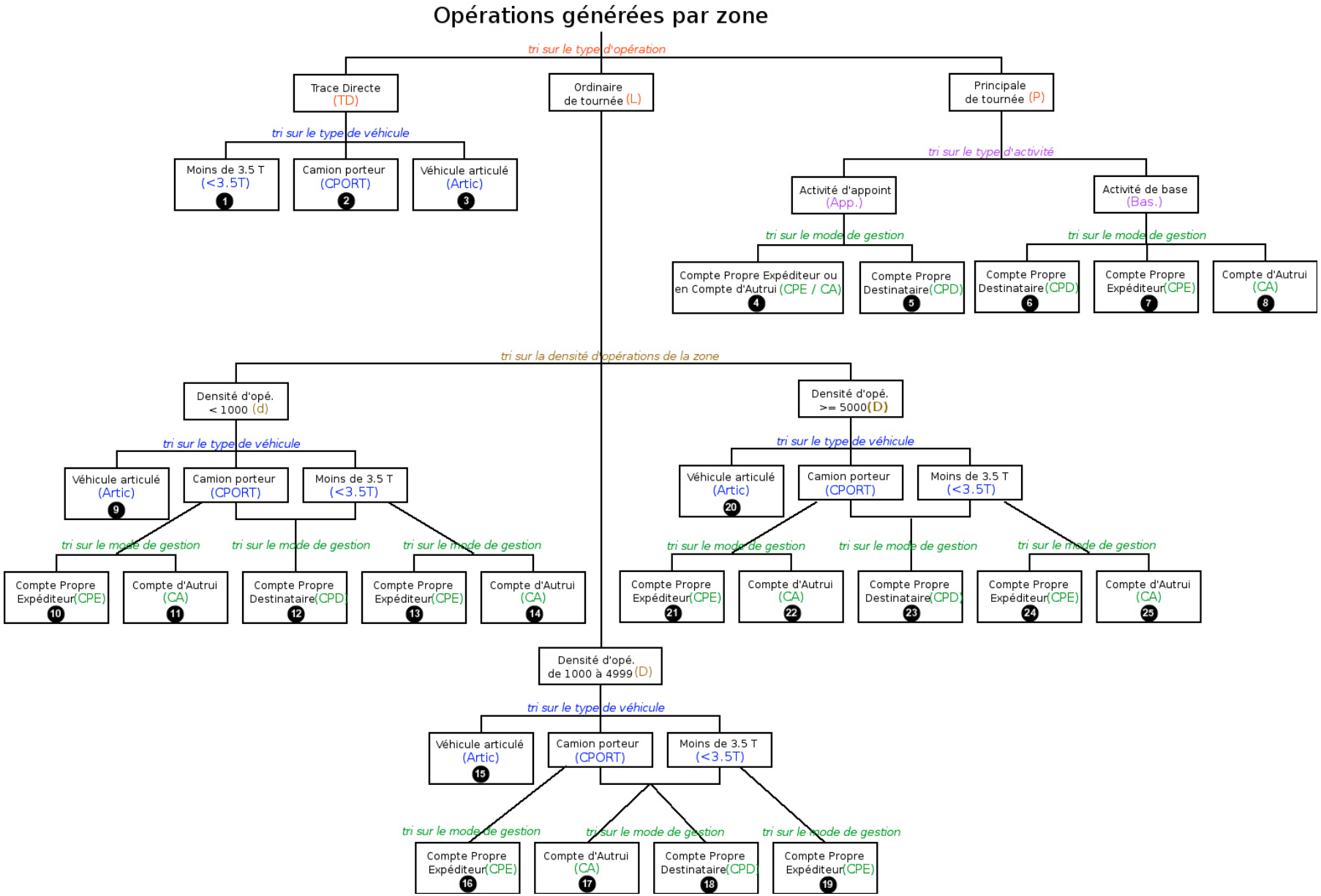
La taille de la tournée, exprimée en six classes d'arrêts (de 3 à 9, de 10 à 19, de 20 à 29, de 30 à 39, de 40 à 54, 55 arrêts et plus), n'est pas utilisée pour constituer les groupes de la typologie. En revanche elle intervient pour déterminer s'il convient ou non de bloquer les fonctions de distance.

2. Présentation de la typologie

Cette typologie est réalisée au module 3 de FRETURB en utilisant les résultats fournis par la table de zonage et la table `tblNgvZ` qui répertorie les flux générés par chacune des zones de l'agglomération, en les ventilant selon les caractéristiques citées. Elle comporte les 25 groupes suivants :

- **1** (TD3.5T) : Opérations réalisées en Trace Directe par des véhicules de moins de 3.5 tonnes,
- **2** (TDCPORT) : Opérations réalisées en Trace Directe par des camions porteurs,
- **3** (TDArtic) : Opérations réalisées en Trace Directe par des véhicules articulés,
- **4** (PAppCPECA) : Principales de tournées générées par des activités d'appoint, en Compte Propre Expéditeur ou en Compte d'Autrui,
- **5** (PAppCPD) : Principales de tournées générées par des activités d'appoint, en Compte Propre Destinataire,
- **6** (PBasCPD) : Principales de tournées générées par des activités de base, en Compte Propre Destinataire,
- **7** (PBasCPE) : Principales de tournées générées par des activités de base, en Compte Propre Expéditeur,
- **8** (PBasCA) : Principales de tournées générées par des activités de base, en Compte d'Autrui,
- **9** (LdArtic) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations inférieure à 1000 et réalisées en véhicules articulés,
- **10** (LdCPORTCPE) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations inférieure à 1000 et réalisées en Compte Propre Expéditeur par des camions porteurs,
- **11** (LdCPORTCA) : Ordinaires de tournées générées par des zones d'une densité d'opérations inférieure à 1000 et réalisées en Compte d'Autrui par des camions porteurs,

Figure III - 2 : La typologie en 25 groupes des fonctions de distance utilisées au module 3 de FRETURB :


Opérations générées par zone
tri sur le type d'opération
Trace Directe (TD)
Ordinaire de tournée (L)
Principale de tournée (P)
tri sur le type de véhicule
Moins de 3.5 T (<3.5T) 1
Camion porteur (CPORT) 2
Véhicule articulé (Artic) 3
tri sur le type d'activité
Activité d'appoint (App.)
Activité de base (Bas.)
tri sur le mode de gestion
Compte Propre Expéditeur ou en Compte d'Autrui (CPE / CA) 4
Compte Propre Destinataire(CPD) 5
Compte Propre Destinataire(CPD) 6
Compte Propre Expéditeur(CPE) 7
Compte d'Autrui (CA) 8
tri sur la densité d'opérations de la zone
Densité d'opé. < 1000 (d)
Densité d'opé. >= 5000(D)
Véhicule articulé (Artic) 9
Camion porteur (CPORT)
Moins de 3.5 T (<3.5T)
Compte Propre Expéditeur(CPE) 10
Compte d'Autrui (CA) 11
Compte Propre Destinataire(CPD) 12
Compte Propre Expéditeur(CPE) 13
Compte d'Autrui (CA) 14
Véhicule articulé (Artic) 20
Compte Propre Expéditeur(CPE) 21
Compte d'Autrui (CA) 22
Compte Propre Destinataire(CPD) 23
Compte Propre Expéditeur(CPE) 24
Compte d'Autrui (CA) 25
Densité d'opé. de 1000 à 4999 (D)
Véhicule articulé (Artic) 15
Compte Propre Expéditeur(CPE) 16
Compte d'Autrui (CA) 17
Compte Propre Destinataire(CPD) 18
Compte Propre Expéditeur(CPE) 19